



FONDO PIZZOFALCONE



18950



24 35

NAZIONALE
B. Prov.

I

1668

NAPOLI

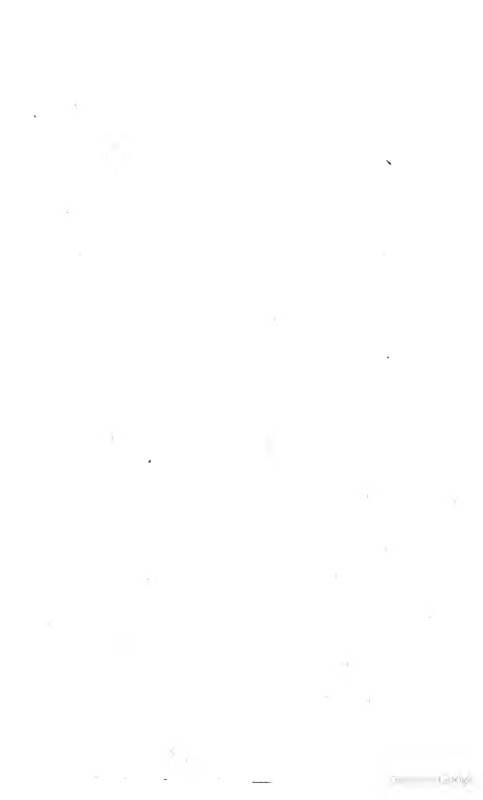
VITT. EM. III

R. BIBLIOTECA

B. Prov.

I

1668



**ANALYSE
DE LA LUMIÈRE.**

IMPRIMERIE DE HULARD-COURCIER,
Rue du Jardinot, n° 12.

607856

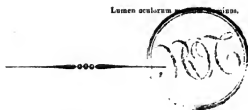
ANALYSE DE LA LUMIÈRE,

DÉDUITE

DES LOIS DE LA MÉCANIQUE;

Explication mécanique de ses inflexions, réfractions et réflexions, ou de sa propagation, de ses couleurs et de sa chaleur. Décomposition du mouvement lumineux; de sa nature, de sa conservation et de sa perte. De l'élément de la lumière, et de ses phénomènes comme matière du feu, de l'électricité et du magnétisme.

OUVRAGE DU TOUTES LES EXPÉRIENCES DE NEWTON SONT RAPPORTÉES
ET EXPLIQUÉES; AVEC FIGURES.



PARIS,

BACHELIER, LIBRAIRE POUR LES SCIENCES,
QUAI DES AUGUSTINS, N° 55.

1826



PRÉFACE.

1. Définir dans ses imperceptibles mouvemens le plus subtil élément de la nature; montrer comment il se meut quand une force motrice et agissante lui a imprimé l'impulsion, comment il la conserve parmi tant de corps qui se meuvent de toutes parts dans l'espace, et comment il la perd; expliquer ses mutuels rapports avec ses propres parties et avec les élémens des autres corps d'une différente espèce; rechercher enfin sa nature, la puissance de son action, son mouvement et ses propriétés : tel est l'objet général de cette *Analyse de la Lumière*; objet d'une conséquence des plus vastes dans la science raisonnée de la nature et des premiers principes de toutes choses. Quelle clarté, en effet, nous peut guider mieux dans le secret imperscrutable de cet admirable univers, dont tout le mobile consiste en d'incessables mouvemens, que l'exacte et précise connaissance des motions de cette subtile matière, qui échappe par sa rapidité extrême et son extraordinaire ténuité à l'universelle loi de la gravitation, qui trouble et qui altère les motions de tous les autres corps plus épais? Certainement ce ne peut

être que de l'examen attentif des motions d'une aussi rare substance, que se peuvent déduire, avec quelque degré de certitude, les véritables lois du mouvement général de la matière; car les lois qui pourront expliquer aisément et sans nulle contrainte comment une semblable substance reçoit, conserve et vient à perdre sa motion, doivent être sans contredit les véritables et les précises lois de la motion générale de tous les corps. Et nous ne croyons pas aller trop loin, quand nous maintenons même que si l'on ne pénètre d'abord bien à fond, si l'on ne possède dans toute leur étendue ces vraies lois, on ne parviendra jamais en physique à une connaissance réelle et solide des premiers principes d'aucun fait; car, je ne crains pas de le dire, aucun de ces premiers principes n'est aujourd'hui connu : et c'est à cause qu'on n'a point voulu reconnaître les véritables, les simples, les évidentes lois du mouvement.

On ne connaît, nous le répétons, les premiers principes d'aucune chose; et, malgré les progrès si marqués de la physique expérimentale, que nous ne prétendons point récuser, l'explication raisonnée des causes premières de la nature depuis Descartes, dont les sages, les claires, les incontestables notions ont été rejetées, paraît avoir fait à peine un seul pas. On se sait gré des théories de Newton sur la gravitation des corps, on s'en prévaut, on les admire; mais, nous l'osons affirmer, Descartes et Euler même avaient sur ce phénomène une idée bien plus simple, bien plus nette et bien plus juste que tout ce que les mathématiques les plus profondes ont pu révéler au géomètre anglais, qu'elles n'ont point conduit

après tout, comme il le confesse lui-même *, à la connaissance première de son essentielle cause, et qui, tout en reniant l'explication si simple que Descartes en avait le premier entreprise, n'a point su pourtant dans toute sa science lui en substituer lui-même aucune autre. Car Descartes avait compris du moins que la force qui fait mouvoir les astres dans leurs orbites, et qui repousse sur le centre de la terre tous les corps, devait résider intimement dans la matière même du ciel; et Newton, au contraire, la veut voir dans le néant vaste du vide ou dans la toute-puissance de Dieu **. A quoi se réduit en total tout ce système si vanté, et sans doute, en le réduisant même à sa juste valeur, l'un des plus beaux titres de gloire de son illustre inventeur? Il se réduit à avoir démontré par une connaissance positive l'essentiel fait que Descartes, que Képler avaient en partie soupçonné, que la puissance qui régit tous les astres dans leurs motions est la même que la pesanteur, qui fait retomber sur la terre tous les divers corps qu'on y lance, et que cette puissance agit toujours dans une proportion constante qui s'accroît en raison double et inverse de la distance des corps au centre d'action qui les attire.

Et si, de cette considération du système général des mondes, nous descendions à l'observation des faits qui sont du do-

* Rationem vero harum gravitatis proprietatum ex phenomenis nondum potui deducere. *Princ. math.*, in finem.

** *Opt.*, 402st. 28. — Voy. le Mémoire adressé à l'Académie en juillet 1812, sur la Cause mécanique de la pesanteur.

mainc spécial de la physique, quelle confusion n'y verrions-nous pas d'une foule d'élémens obscurs sans cesse se détruisant, et renaissant les uns des autres, dont le nombre, toujours variable, s'augmente ou diminue chaque jour avec les découvertes de l'alambic, et quel chaos des mêmes principes identiques qui se présentent en différens mélanges sous de différens noms! Oh! que cette confuse théorie est éloignée de la simplicité exquise de la nature! Utile encore sous ce rapport, cet ouvrage aura contribué du moins, en ce qui le concerne, à débrouiller le chaos de ce dédale obscur d'élémens, en nous montrant, par des démonstrations bien précises, que la matière dont tous les cieux sont remplis, ou le subtil éther, le fluide de l'électricité, la liqueur où le magnétisme réside, et le principe effectif de la chaleur comme celui de la combustibilité dans les corps, ne sont dans la réalité, sous de différens noms, avec la matière subtile de la lumière, qu'un seul et même élément. Mais ce qui surtout doit contribuer puissamment aux progrès de cette partie importante de la physique, qui traite de l'action spéciale des élémens, c'est le nouveau jour que cette Analyse vient répandre sur cette loi universellement observée de la matière, qu'on a nommée attraction, l'une des trois causes secondes de la nature, en ne signalant en effet dans les attractions lumineuses que le résultat mécanique des impulsions diverses des rayons. Déjà Descartes, corrigé plus tard par Euler, avait montré, dans les attractions apparentes et les répulsions de deux aimans qu'on approche, la conséquence immédiate des impulsions motrices d'un fluide dont l'atmosphère éthérée environnait partout ces substances; théorie

sage, qui approchait du moins assez près de la vérité, si elle n'était point peut-être tout-à-fait juste, et à laquelle on n'a substitué de nos jours rien de meilleur, que des suppositions toutes gratuites qui ne sont fondées sur aucune loi, et plus souvent encore des qualités occultes. Ces savans hommes, quelles que puissent être les fautes de leur système, avaient donc très bien pénétré dans les attractions des aimans l'action nécessaire, immédiate, d'une primitive cause mécanique, c'est-à-dire de véritables impulsions; et nous avons vu récemment, dans un Mémoire qui fut adressé manuscrit à l'Académie des Sciences, et dans le nouveau livre des Principes *, que le phénomène de la cohésion des corps solides avait son origine principale dans la puissance énorme de pression de l'élastique fluide éthéré, qui presse sur toutes leurs moindres parties de toute la force et de toute la hauteur du ciel même. Ainsi ces trois diverses attractions, du magnétisme, de la cohésion des corps et des rayons, sont déjà reconnues n'être autre chose que des impulsions très réelles diversement modifiées. Il n'en reste donc maintenant qu'une quatrième espèce, qui, en outre de cette impulsion effective sans laquelle aucun corps, quel qu'il soit, n'exerce d'action, semble réclamer de plus, entre les diverses parties attractantes, une sorte de similitude de nature ou de conformité concordante dans leur construction intime **: je veux parler de l'attraction singulière qui s'exerce dans les liqueurs entre les parties semblables des mêmes élémens, comme celle, par exemple, d'une goutte d'eau

* P. N., art. 192.

** *Ibid.*, art. 21.

que l'on voit s'étendre sur le crystal, et qui ne s'étend pas sur les matières métalliques.

II. Cet ouvrage est divisé en trois livres : le premier, qui est la partie mathématique, et répond aux troisième et second livres de l'Optique, établit les lois précises et mathématiquement incontestables de la réfraction, de la réflexion et des couleurs, trois phénomènes qui le partagent naturellement en trois sections; et il en donne, autant qu'il se pouvait faire en cette partie, l'explication et les causes par les principes les plus simples de la mécanique: le second livre, qui est la partie physique et le premier livre de Newton, démontre la décomposition de la lumière en sept rayons simples ou homogènes, et en développe les conséquences immédiates: et le troisième, qui est la partie philosophique, recherche, d'après les propriétés de la réfraction, de la réflexion et des couleurs bien déterminées au premier livre, et d'après la décomposition lumineuse que le second livre a prouvée, quelle peut être la vraie nature de la lumière, ou à quels élémens peuvent convenir les propriétés qui ont été reconnues en ce phénomène, ajoutant à ces premières données mathématiques la considération importante de la communication du choc dans les corps, c'est-à-dire considérant en effet comment les élémens subtils de la lumière reçoivent, conservent et viennent à perdre à la fin toute leur impulsion lumineuse. Le développement de ces divers points difficiles de l'analyse de la lumière n'a employé dans cet ouvrage que dix propositions très simples, dont chacune est le principe fondamental de toute une théorie

de l'un des dix phénomènes de l'Optique, qui sont, suivant l'ordre où ce Traité les explique, l'inflexion, la réfraction, les accès, la réflexibilité, la réflexion, les couleurs, la composition des rayons, l'impulsion lumineuse, la propagation lumineuse, et la chaleur, ou la perte de l'impulsion directe de la lumière. La troisième partie du second livre de l'Optique de Newton, qui n'explique qu'un petit nombre des points de ces différentes théories, et n'en comprend aucune dans son entier, contient elle seule vingt propositions analytiques; ce qui est le double de celles que renferme en totalité tout ce livre.

A la suite de chaque partie de l'ouvrage, se trouvent exposées brièvement toutes les expériences de l'Optique qui s'y rapportent, et il n'en est aucune que ce livre contienne qui ne soit ici spécifiée et expliquée méthodiquement, à l'endroit propre de l'Analyse où elle s'applique; non pas que l'auteur les ait jugées toutes nécessaires et bien indispensables, car un choix de quelques-unes des principales aurait sans doute suffi, mais c'est afin qu'on ne présume pas qu'il n'ait omis quelque expérience à dessein, que dans la difficulté qu'il éprouvait de la faire accorder aisément avec son système. Enfin, un résumé succinct, en forme de théorie, de tous les faits que cette Analyse de la lumière a démontrés, termine l'ouvrage; et l'auteur l'a fait précéder, comme d'une instruction préliminaire, d'un petit exposé des faits généraux que les découvertes antérieures, principalement dues à Newton, avaient fait connaître jusqu'ici. Outre l'utilité de cet exposé très court, pour inculquer au lecteur une idée générale des phé-

nomènes que la lumière manifeste, et lui faire acquérir par avance une connaissance assez distincte de certains faits dont on éprouve à chaque instant le besoin dans le courant de l'ouvrage, et qui s'y trouvant mentionnés à diverses fois d'une manière vague et sans les détails suffisans, avant que le lieu ne soit venu de leur donner avec exactitude tout le développement qu'ils comportent, apporteraient autrement quelque obscurité sur plusieurs endroits de l'Analyse, qui, n'atteignant point pour cette cause un degré convenable de clarté, demeureraient confus, équivoques et embarrassés à l'esprit; il a encore de plus l'essentiel avantage de faire connaître l'état antérieur de la science, et pour ainsi dire le point de départ du Traité. On y verra, comme nous l'observions tout à l'heure, en faisant pressentir l'origine de toutes les erreurs des savans, que les connaissances les plus sûres que l'on a eues dans cette partie de la physique, comme en général dans toutes les autres, se sont bornées à peu près à de simples faits d'observation, dont on a ignoré les vraies causes et les premiers principes : ainsi l'on a bien défini exactement toutes les précises lois de la réfraction de la lumière, mais on n'a point connu l'origine de ce remarquable phénomène; et lorsqu'on a voulu remonter jusqu'à ces premières causes, comme on ne suivait plus que de fausses routes, ayant abandonné les véritables, on ne pouvait arriver à la fin qu'à des hypothèses plus extraordinaires et plus étranges les unes que les autres. Le singulier phénomène de la réfraction double nous en offre dans cette introduction à l'Analyse un bien sensible exemple : quels efforts n'avaient point faits les savans et les physiciens

pour en découvrir la nature! Le hasard, en faisant apercevoir à l'auteur, préoccupé alors des théories cartésiennes sur la lumière, que la flamme d'un flambeau allumé se répète dans le cristal d'une glace jusqu'à quatre fois (phénomène qu'il avait cru d'abord le résultat des réflexions successives des parties internes du crystal), le conduisit par un léger examen à l'explication évidente de cette réfraction singulière, dont la théorie est si simple, si naturelle et si facile, qu'il a pu même la classer dans son exposé préliminaire parmi les faits qui n'offrent point matière à discussion, et qu'il y aurait lieu de s'étonner qu'on l'eût long-temps cherchée si loin.

Mais la découverte, à mon gré, la plus remarquable que cet ouvrage vient offrir, et sans contredit la plus importante, puisque c'est en effet le principe d'où se fonde toute l'analyse des petits mouvemens lumineux, est la décomposition du mouvement direct de la lumière; et une singularité de cette heureuse découverte, c'est qu'elle n'a tiré cependant son origine que d'une notion effectivement fautive. Car ayant remarqué que les rayons, dans un cabinet très obscur, s'infléchissent par le moindre choc qu'ils éprouvent, et même par la rencontre d'un cheveu, et reconnaissant, dans la comparaison des faits, que la réfraction aux transmissions obliques n'a d'autre cause que des impulsions toutes semblables des rayons dans les intervalles des milieux, il en avait conclu naturellement que la lumière se devait infléchir aussi bien, dans l'intérieur de ces milieux, par chacun des corpuscules solides qui les composent ou chacune de leurs internes surfaces. Le troisième livre fera voir que le rapprochement ici l'avait trompé, et que, bien qu'il soit

vrai et incontestable que la lumière s'infléchisse et se doive infléchir intérieurement dans une succession continue sur les parties subtiles des milieux, ces petits détours successifs de ses rayons diffèrent cependant essentiellement de l'inflexion générale et primitive qui a été nommée leur réfraction. Mais cette idée, quoique fausse, étant fortement conçue, l'a pu conduire néanmoins, avec le temps, à la découverte de la théorie véritable; et c'est en la suivant assidûment et la comparant, sans se rebuter des obstacles, aux phénomènes des accès que les expériences de Newton lui révélaient, qu'il a pu reconnaître, mais lentement et par des degrés insensibles, en quoi elle s'écartait au réel de cette véritable doctrine, et qu'il a ainsi été capable de la modifier toutes les fois que des observations plus exactes lui en faisaient découvrir quelque défectuosité évidente, jusqu'à ce qu'enfin il l'eût amenée à toute cette grande et complète analyse, étroitement liée et unie en toutes ses parties, et qui diffère tant de l'idée primitive qui l'a produite.

C'est principalement dans ces recherches sur les accès lumineux, que l'auteur a dû sentir le mérite du travail précieux de Newton, dont la géométrique exactitude, par une succession bien réglée de tant d'expériences délicates, a mis absolument hors de doute l'existence de ces remarquables accès, et qui non-seulement en a défini d'une précision extrême tous les curieux phénomènes, mais en a encore spécifié, aussi exactement que possible, les rigoureuses mesures et leurs accidentelles variations. Parmi des détails un peu longs et quelquefois peut-être minutieux, son savant livre de l'Optique,

comme le manuel raisonné de toutes les expériences positives que l'on voudrait tenter sur la lumière, se recommandera toujours éminemment à la reconnaissance des physiciens; et il serait sans doute bien désirable qu'un semblable travail fût entrepris, par des philosophes aussi habiles, sur tous les autres effets et les sensations que nous font éprouver les divers corps, et en particulier sur la saveur, les odeurs et le son : de tels ouvrages, d'une utilité générale, épargneraient surtout bien du temps et de stériles recherches aux observateurs peu fortunés, qui n'ont point le loisir de compulser de volumineuses collections, ni les richesses nécessaires à de longues et dispendieuses expériences. Mais en payant à Newton le juste tribut d'éloge et de gratitude qui lui est assuré à tant de titres, devons-nous dissimuler cependant qu'il s'est mépris en plusieurs points essentiels sur la vraie nature des accès, et qu'il est loin d'en avoir réellement pénétré l'intime cause ? C'est à l'ouvrage que nous publions aujourd'hui qu'il était réservé, en déterminant cette véritable nature des accès dans la décomposition du mouvement direct de la lumière, et les restreignant dans leurs précises limites, de redresser les erreurs où cet illustre auteur était tombé, et d'établir de ces singuliers phénomènes une exacte et satisfaisante théorie. C'est ainsi que ses démonstrations ont prouvé, contre le sentiment de Newton à sa proposition treizième du second livre, que la réflexion ordinaire des rayons à leur émission première dans un milieu n'a point son essentielle et immédiate origine, comme cet auteur le pensait, dans les accès différens de la lumière, mais qu'elle persiste-

rait toujours avec une égale force et dans une quantité égale; quand bien même de semblables accès n'existeraient point entre les motions lumineuses.

Et dans les théories des lumières simples, si bien développées du reste par Newton, une difficulté principale demeurait encore : nous voulons parler de l'embarras d'expliquer clairement dans ce système d'où pouvait arriver que la lumière jaune, la plus vive et la plus éclatante de ces lumières, occupât toujours néanmoins dans les réfractions du prisme le milieu de l'image. Newton, pour rendre raison de ce fait, avait supposé primitivement que cette lumière était moins puissante de sa nature *, ou qu'elle se composait en effet de corpuscules moins solides ou dont la résistance était moindre que ceux de la lumière rouge homogène, qui, dans les réfractions lumineuses, est moins infléchie qu'aucune des autres. C'était contredire évidemment tous les faits et les observations même les plus notoires, qui établissent d'une manière positive le sentiment contraire. L'auteur, dans son premier livre de l'Analyse, a encore éclairci heureusement ce point difficile de l'optique, en faisant reconnaître dans ce phénomène le résultat naturel de l'équilibre des différentes puissances des rayons, qui nécessite que les plus forts occupent toujours régulièrement le centre commun de l'action qu'ils exercent tous mutuellement les uns sur les autres.

III. Retenu par les limites rigoureuses qu'il s'était tracées

* *Opt.*, quasi. 13 et 29; édit. lat., 1719, pag. 346 et 376.

dans la distribution de son travail pour éclaircir méthodiquement les divers points de l'analyse si compliquée de la lumière, et ne s'embarrasser pas à la fois en de trop nombreuses difficultés, mais, s'avancant toujours par des degrés insensibles, parvenir des notions les plus simples progressivement au développement des plus difficiles théorèmes, réservés à la discussion du dernier livre, on trouvera peut-être que l'auteur a hasardé en différentes parties de son ouvrage plusieurs principes qui n'ont point été confirmés suffisamment par les démonstrations qui ont suivi, ou qui même en ont paru quelquefois comme contredits et pour ainsi dire réfutés; et on objectera surtout que les mouvemens qui figurent dans cette Analyse lumineuse les alternatives des rayons et la décomposition naturelle de leur tendance rectiligne, ne sont autre chose à l'effectif que des mouvemens simulés, puisqu'il les représente comme le résultat d'une succession de réfractions alternes sur les surfaces intérieures des milieux, lorsqu'ils ne résultent en effet que des répercussions simples de chaque rayon sur des petites parties isolées, et non pas, comme la réfraction à la surface du milieu, d'une déviation générale de tout le faisceau des rayons d'une commune masse *. Mais ces mouvemens représentatifs, s'ils ne sont point la réalité elle-même, semblent pourtant, par leur constante conformité aux phénomènes, s'en approcher de beaucoup; et il était d'ailleurs bien impossible d'éviter toute incertitude sur ce point, puisque les véritables mouvemens de la lumière, qui

* *Anal.*, art. 29 et 147.

dépendent de la manière dont elle heurte sur des petites parties invisibles, dont la figure, le mouvement et la situation nous sont véritablement inconnus *, ne paraissent point aisément se pouvoir jamais définir. Et pour ce qui est des explications théoriques trop peu fondées, qui se rencontreront peut-être en différens endroits de l'ouvrage, et au premier livre notamment, et qu'il eût sans doute été facile d'en faire disparaître tout-à-fait, il a jugé que dans une matière si épineuse et si hérissée partout de difficultés de toutes sortes, on ne pouvait user d'une circonspection trop attentive avant de déclarer qu'une méthode était absolument mauvaise ou superflue, et qu'il était difficile en plusieurs cas de décider bien sûrement; la faiblesse même et l'insuffisance de ces explications superflues, ne lui a pas paru sans quelque utilité pour établir dans une évidence plus certaine la vérité positive des théories qu'il devait plus tard démontrer. D'ailleurs, son intention avait été de former de ce premier livre comme un petit traité distinct des moindres mouvemens lumineux, indépendant de tout ce qui pouvait être conclu postérieurement sur la nature intime de la lumière et sur la façon dont elle est propagée dans les corps, et qui fût même tellement dégagé et distinct de tout système quelconque, que la vérité reconnue de ses démonstrations n'en pût être ni moins sûre ni plus fortement établie, quand bien même toutes les propositions subséquentes sur la nature des rayons seraient en effet démontrées fausses ou insuffisantes et incertaines. Car enfin

* *Anal.*, art. 43.

toutes les certitudes des connaissances dont notre vanité s'ap-
plaudit, hormis celles-là seules de la RELIGION RÉVÉLÉE, devant
lesquelles toute raison humaine doit fléchir, ne sont pourtant
dans la réalité que des probabilités plus ou moins sûres.

Si l'auteur n'avait eu en vue, au lieu de rechercher la vé-
rité, que de suivre et de développer l'idée première d'une
hypothèse calculée à loisir, son travail, toujours libre et dé-
gagé d'entraves comme sa pensée, ne semblerait point en
divers lieux aussi embarrassé de contradictions apparentes et
d'une certaine hésitation, que la difficulté de la matière l'a
nécessité d'être ; mais, attaché uniquement à analyser et définir
les faits réels, et porté pour ainsi dire par ces faits, un livre,
une proposition même était achevée, que souvent il n'avait
pu entrevoir comment il sortirait de la suivante, ou même ce
que celle-ci devait être. Soigneux d'une exactitude rigoureuse,
et toujours prêt à recorriger son travail, plusieurs parties de
ce difficile *Traité* ont été refaites et refondues entièrement jus-
qu'à trois et même quatre fois, et au-delà ; et, fatigué souvent
et rebuté des difficultés continuelles et de la sécheresse d'une
matière stérile et remplie d'épines, il fut sur le point d'inter-
rompre et d'abandonner demi-fait tout l'ouvrage entrepris.
Dans ces arides recherches, toujours à recommencer sur de
nouvelles routes, il n'est guère de méthodes plus ou moins
probables sur la lumière, que son imagination peut-être n'ait
conçues et successivement rejetées, jusqu'à ce qu'enfin il s'ar-
rêta à cette grande et évidente Analyse, que sans doute une
inspiration favorable lui a heureusement fait découvrir. A
quel avantage, en effet, à quel mérite, sinon à une inspiration

heureuse, attribuerait-il une analyse si complète et si heureusement terminée des phénomènes si difficiles de la lumière, où nous voyons que Newton, avec plus de science assurément et plus d'instruction que l'auteur n'en peut avoir, et beaucoup plus de secours et de loisir, a cependant échoué de tous points?

ANALYSE DE LA LUMIÈRE,

DÉDUITE DES LOIS DE LA MÉCANIQUE.

INSTRUCTION PRÉLIMINAIRE.

1. Définition de la lumière. — 2. De la réflexion. — 3. De la réfraction et de la transmission. — 4. De l'organisation de la vue. — 5. De la puissance réfractive dans les divers milieux. — 6. De la réfraction double. — 7. Des diverses lumières. — 8. De la réfrangibilité et de la réflexibilité des lumières simples. — 9. De la décomposition de la lumière du jour. — 10. Des couleurs.

1. LA *lumière* est l'effet que produit sur l'organe de la vue le mouvement de légers atomes ou corpuscules très-subtils, qu'on a nommés *lumineux*, lesquels sont mus et élançés de tous les points de la surface apparente des divers corps *éclairés* qui nous environnent : chacun de ces corpuscules très subtils, ou leur réunion collectivement, est ce qu'on appelle un *rayon* de la lumière. — DESCARTES, *Dioptr.*, disc. 1. NEWTON, *Opt.* lib. 1, pars 2, prop. 2, def. EULER, *Nov. th. lucis*, cap. 3, § XLV. — *Per radios lumi-*

nis minimas ipsius partes intelligo, easque tam in eisdem lineis successivas, quàm contemporaneas in diversis. NEWTON, *Opt.*, def. 1.

Tous les philosophes unanimement s'accordent sur ce point, que la lumière est l'effet d'un certain mouvement produit par de petits corps sur les filets des nerfs optiques; et la preuve évidente qu'on en apporte, c'est qu'une forte clarté ébranle et fatigue la vue, et que le choc, et tout ce qui peut causer un ébranlement intérieur dans cet organe, est suffisant pour y produire cette même sensation de la lumière. Les éclats lumineux, observe Descartes, qu'un coup sur l'œil nous fait voir, « ne sauraient » être attribués qu'à la seule force du coup, laquelle » meut les petits filets du nerf optique, ainsi que » ferait une lumière violente. » *Dioptr.* disc. 6. Cette force motrice de la lumière est même capable, comme l'a éprouvé Buffon, de faire tourner une aiguille qui serait placée au foyer d'un bon miroir ardent : « Elle pousse, déplace et chasse les feuilles » d'or légères qu'on lui présente, avant que de les » fondre, et même de les chauffer sensiblement. » BUFFON, *Elém.* part. 1.

2. La *réflexion* de la lumière est le rejaillissement de ses rayons sur les corps divers qui la renvoient, avec un angle qui est constamment égal à celui suivant lequel ces corps en sont frappés; c'est-à-dire que l'*angle de leur incidence*, ou angle com-

pris entre le rayon incident et la perpendiculaire au plan réflecteur, est toujours exactement égal à l'angle de leur inflexion, qui est compris entre cette même perpendiculaire et le rayon réfléchi.—DESCARTES, *Dioptr.*, disc. 2. NEWTON, *Opt.* axiom. 2. EULER, *Nov. th. lucis*, § LXXI.

Ainsi, lorsqu'on regarde un objet par la réflexion d'une glace, le milieu de l'angle que forment les rayons émis de cet objet en s'y réfléchissant vers l'œil, se trouve précisément marqué par la perpendiculaire à la glace. Cet angle, de même que les lieux où se peint l'objet sur le miroir, varie nécessairement suivant les positions diverses de l'œil, et doit varier pour la même raison d'un œil à l'autre, puisque leur position, en effet, relativement au miroir, n'est point la même; c'est aussi ce qu'on vérifie en regardant successivement par chaque œil le même objet; car on remarque alors que sa situation sur la glace est différente pour chacun. De semblables épreuves montreront que tous les objets quelconques se représentent doubles à notre vue.

La *réflexibilité* des rayons, ou leur aptitude à la réflexion, est la propriété qu'ils ont de rejaillir sur la surface d'un nouveau milieu qui les heurte, dans le même corps diaphane ou le même milieu d'où ils viennent. *Reflexibilitas radiorum est dispositio ea quâ ita comparati sunt, ut in quodcunque medium inciderint, ab ejusdem superficie in idem rursus*

undè profecti sunt medium reflectantur : et radii magis minusve reflexibiles sunt, qui faciliùs aut difficiliùs reflectuntur. NEWTON, *Opt.* def. 3.

5. On appelle *réfraction* le changement de direction que subit un rayon de lumière, lorsqu'il vient à traverser obliquement par de différens milieux ; en telle sorte que , s'il se propage d'un milieu plus rare dans un plus dense, *l'angle de sa réfraction*, ou angle compris entre le rayon réfracté et la perpendiculaire au plan réfringent, devra être moindre constamment que l'angle premier de son incidence, et qu'il sera plus grand, au contraire, si le rayon passe d'un milieu dense à un autre plus rare : c'est-à-dire, en général, qu'à proportion que la résistance du milieu est plus forte, les rayons se doivent rapprocher davantage en s'y transmettant de la perpendiculaire à sa surface, ou bien, si c'est une sphère, à la tangente menée par le point d'incidence où ils viennent frapper sur son globe. — DESCARTES, *Dioptr.*, disc. 2. NEWTON, *Opt.*, axiom. 3, 4. EULER, *Nov. th. lucis.* § LXXVI. *Conj. phys.* § XX.

Ainsi, un bâton qu'on enfonce dans le courant de l'eau, paraît à l'œil comme rompu à l'endroit de son immersion dans cette liqueur, par cette inégalité des réfractions qui existe entre les deux milieux de l'eau et de l'atmosphère ; et la partie qui a pénétré dans le liquide, semble plus oblique à la surface que celle qui est hors de l'eau.

La réfraction n'est pas opposée à la réflexion, mais bien la *transmission* seulement, ou le passage du rayon à un différent milieu, si on considère la réflexion comme son retour dans les mêmes espaces d'où il vient; et ce n'est jamais qu'improprement et par extension, qu'on peut opposer l'un à l'autre les deux premiers phénomènes. La réfraction, dans la vraie acception de ce terme, n'est uniquement qu'un simple accident du phénomène général de la transmission; car la transmission, lorsqu'elle se fait perpendiculairement à la surface, n'est aucunement accompagnée de réfraction, et elle l'est toujours, au contraire, d'une réflexion très sensible : c'est-à-dire, qu'il n'y a point de transmission de la lumière dans un milieu nouveau, qui ne soit suivie de la réflexion de quelque partie de cette lumière, quoiqu'il y en ait cependant où la lumière ne subisse en effet aucune réfraction apparente. Sous ce rapport, la *réflexion* est le rejaillissement du rayon dans le même milieu d'où il vient, et la transmission est son passage dans un milieu différent. Sous une acception plus étendue, la réflexion est une *répercussion* simple de la lumière sur les petites parties distinctes des milieux, soit qu'elle se fasse extérieurement sur leur surface, ou intérieurement dans leur substance intime. Elle est définie sous cette double acception, et dans un sens général, au commencement du précédent article.

La *réfrangibilité* des rayons est la propriété qu'ils ont de se réfracter à leurs transmissions obliques dans les milieux. *Refrangibilitas radiorum luminis est dispositio ea quâ ita comparati sunt, ut in transeundo (obliquè) ex uno corpore sive medio in aliud, refringantur seu de viâ deflectantur : et major minorve radiorum refrangibilitas, est dispositio ea quâ apti sunt, ut in paribus incidentiis super unum idemque medium, magis minusve de viâ detorqueantur.* NEWTON, *Opt.* def. 2.

« Les angles d'incidence, de réflexion et de réfraction sont situés dans un seul et même plan. » *Anguli incidentiæ, reflexionis, et refractionis in uno eodemque plano siti sunt.* NEWTON, *Opt.* axiom. 1.

4. Par l'effet général des réfractions des trois humeurs de l'œil, l'humeur *aqueuse*, l'humeur *crystalline* et l'humeur *vitreuse*, qui font que tous les rayons émis de chacun des points d'un objet, convergent ou se réunissent au fond de l'œil en autant de points semblablement disposés, mais dans un ordre inverse, les rayons différens qui y parviennent, par une conséquence naturelle de leur direction même, se croisant mutuellement dans la *prunelle*, de sorte que ceux qui sont émis d'en bas, sont portés dans la partie supérieure de l'œil, et ceux au contraire qui viennent d'en haut, vers la partie inférieure de cet organe (voy. *fig. 10*) : par cet effet constant, disons-nous, des propriétés de la lumière

et de la constitution de la *vue*, les images des objets extérieurs se peignent inversement dans le globe de l'œil sur la *rétine* (qui est une sorte de tunique flexible, qui, engendrée de l'épanouissement de la partie *médullaire* du *nerf optique*, en tapisse toute la cavité intérieure), de la même manière précisément qu'elles se peignent sur la superficie d'un corps blanc au fond d'une chambre obscure, dans l'expérience ordinaire de la lanterne magique (fig. 10 bis); et portées de là au cerveau par le mouvement des petits filets des nerfs, elles produisent à l'âme la *vision*, ou la sensation de la *vue*. — DESCARTES, *Dioptr.*, disc. 3 et 5; *Princ.* liv. 4, art. 195; *l'Homme*, part. 3. NEWTON, *Opt.* axiom. 6, 7, 8. EULER, *Dioptr.*, cap. 4. BUFFON, *Hist. nat. de l'Homme*, la *vue*.

Le corps d'un œil, privé de son enveloppe extérieure la plus épaisse, que les anatomistes appellent la *dure-mère*, étant placé dans une ouverture étroite d'un cabinet ténébreux, présente à l'observateur sur sa surface, comme sur un tableau de perspective, une image fidèle, mais renversée, des objets éclairés du dehors, qui se peignent sous leurs diverses formes et leurs couleurs au fond de la cavité de son globe : celles qui, parmi ces peintures, occupent le milieu de l'image, sont les plus nettes et les plus distinctes; les autres sont toujours un peu confuses; et l'on observe qu'il faut alonger davantage, en le pressant, la figure de l'œil, lorsque les objets sont plus

rapprochés, que lorsqu'ils sont, au contraire, quelque peu plus distans. Car plus un objet est proche de nous, et plus ses rayons entrant dans l'œil obliquement, ou s'écartant davantage les uns des autres, ils ont besoin aussi d'une inflexion plus puissante pour se rapprocher et se réunir vers l'axe où la réfraction de son globe les fait tendre; et ainsi, à toutes choses égales, ils doivent se réunir plus loin que ceux des corps éloignés, dont les rayons, moins divergens mutuellement, étaient déjà en entrant dans l'œil, par la distance de leur point commun de départ, presque parallèles. C'est par une suite de ce changement nécessaire de la figure de l'œil selon la distance des objets, que lorsqu'on a fixé sur l'horizon quelque point un peu éloigné, si un livre ouvert est présenté alors devant les yeux, on n'y distingue d'abord aucune lettre durant quelques instans, jusqu'à ce que la figure de leur globe se soit approprié peu à peu à la proximité de ce livre.

La prunelle, ou *pupille*, qui est un trou rond dans la seconde tunique de l'œil, qu'on nomme la *piè-mère* et qui forme l'*iris*, se dilate ou se resserre suivant la quantité des rayons qui parviennent aux yeux, ou la puissance de ces rayons qui pourrait éblouir et blesser la vue. Cette variation de la pupille est surtout très apparente dans l'œil du chat, et c'est sans doute à cette sensibilité de ses yeux qu'il est redevable de la faculté singulière dont il jouit en

un éminent degré, de voir aisément dans les ténèbres; car il rassemble alors, dans sa vaste prunelle, assez des rayons rares qui la frappent, pour discerner les objets malgré l'obscurité qui les voile; tandis que le jour, où cette même abondance des rayons, qui le fait voir durant les ténèbres de la nuit, le devrait infailliblement aveugler, il a la puissance de rétrécir la trop grande largeur de sa prunelle, et de la resserrer par une forte contraction de ses muscles. La prunelle se rétrécit aussi lorsqu'on cherche à saisir plus distinctement les diverses parties d'un objet dans tous ses détails; car la vue recevant alors moins de rayons des autres corps environnans, a une sensation plus vive et plus distincte de ceux que lui envoie cet objet : de même que l'oreille discerne mieux les sons les plus doux de la voix, lorsqu'elle n'est point frappée d'autres sons dont la violence l'étourdisse. C'est pour cette même raison que dans la profondeur d'un puits, selon l'observation d'Aristote, on peut voir aisément les étoiles pendant la clarté du midi; et qu'on distingue à travers un simple tuyau qui est noirci, des objets qu'on ne verrait point à l'œil nu.

Le *crystallin* encore, suspendu ainsi qu'un verre lenticulaire, entre l'humour aqueuse et l'humour vitrée, par une troisième peau ou enveloppe que l'on appelle la *couronne ciliaire*, s'aplatissant ou se voûtant par la mobilité des muscles, selon la distance des

objets, et diminuant ainsi ou accroissant la réfraction des rayons, contribue à rendre plus nette et plus distincte la perception de ces objets. Si sa substance était naturellement trop voûtée, la réfraction alors étant trop forte (puisque l'obliquité des rayons, d'où la réfraction dépend, deviendrait trop grande sur sa sphérique surface), les faisceaux des rayons visuels, qui se réuniraient avant d'avoir atteint le fond de l'œil, à moins pourtant qu'ils ne fussent émis de quelque objet fort voisin, rendraient l'image sur le nerf optique confuse et embarrassée; et on dit, dans ce cas, que la vue est *courte*. Si, au contraire, son globe était moins rond et trop aplati, la réfraction deviendrait plus faible qu'elle ne devrait être, et les rayons, à moins qu'ils ne partissent de quelque objet éloigné, ne se réuniraient point au fond de l'œil, mais en quelque point ultérieur; ce qui serait cause que l'image qui se dépeindrait sur la rétine, serait imparfaite et confuse: et c'est ce qu'on nomme une vue *longue*, défaut habituel des vieillards, en qui la faiblesse de l'âge amène ce relâchement progressif des filets des nerfs et l'aplatissement du cristallin, qui en est une suite. On conçoit maintenant comment les lunettes peuvent remédier à ces imperfections de la vue: les verres convexes, en suppléant au cristallin le défaut de la rotondité, et augmentant assez la réfraction pour que les rayons, qui convergent plus tôt qu'ils n'auraient fait autre-

ment, se réunissent distinctement au fond du globe de l'œil; et les verres concaves, au contraire, en réparant par une juste proportion la trop grande rotondité de la vue, et forçant les rayons, par une réfraction plus faible, à converger plus loin, et nese réunir que dans le fond de cet organe sur la rétine.

5. La mesure de la réfraction est la proportion qu'observent entre eux les sinus des deux angles de la réfraction et de l'incidence, lesquels ont toujours mutuellement dans les mêmes substances un rapport constant et déterminé. Le sinus de l'angle d'incidence NAM (fig. 5), est la ligne NM menée perpendiculairement de l'un des points du côté NA sur le côté opposé AM, ou réciproquement; et le sinus correspondant de l'angle de réfraction TAC, est la droite TV menée perpendiculairement à AT d'un point V du côté AC, qui est pris à égale distance que le point N du centre commun A. Les cosinus de ces mêmes angles seraient les droites abaissées des deux mêmes points N et V, que nous avons dit également distans de leur sommet commun A, perpendiculairement sur la perpendiculaire SC à leurs seconds côtés MA et AT; c'est-à-dire que le cosinus est le sinus de l'angle qu'il faudrait ajouter à un angle donné, pour parfaire avec ce même angle un angle droit. La proportion des sinus a été calculée comme 4 à 3 de l'atmosphère à l'eau, et comme 17 à 11, ou presque 3 à 2, de l'atmosphère au verre à

vitre commun, et réciproquement. La mémoire des hommes, autant que je sache, n'a point conservé le nom du physicien qui a le premier découvert cette loi constante, déjà bien connue au temps de Descartes, et qui est aujourd'hui l'un des premiers axiomes de l'optique : *Sinus incidentiæ est ad sinum refractionis in datâ ratione, vel accuratè, vel quàm proximè*. NEWTON, *Opt.*, axiom. 5.

C'est l'exact Newton qui, plus tard, est venu démontrer avec précision, ce qu'on n'avait connu avant lui que d'une manière vague et seulement générale, que cette puissance qu'ont les corps diaphanes de réfracter les rayons ou de les faire dévier de leur directe course, *est proportionnelle dans chacun, toutes choses égales, à la densité de sa matière à très peu près*; de sorte que l'angle de la réfraction est toujours moindre, dans la proportion même, comme la matière qui réfracte est plus solide et plus dense; c'est-à-dire que la facilité qu'ont les corps à détourner la lumière, est proportionnée, en général, à la quantité de leur matière solide, ou, pour m'exprimer plus justement, à la force de leur résistance. Mais l'attraction particulière des élémens lumineux modifiant sans doute par son action spéciale cette proportion commune des réfractions, elle paraît être cause que les corps onctueux et combustibles jouissent, à beaucoup près, d'une réfraction plus considérable que ne le compor-

terait leur densité, et qui est double et même triple en quelques-uns de celle de tous les autres corps d'une densité semblable. Par cette action attractive de la lumière, nous ne comprenons, au reste, qu'une puissance essentiellement mécanique, qui agit, comme toutes les forces matérielles, par le contact immédiat, et entre des parties qui présentent réciproquement de la conformité dans leur grandeur et dans leurs figures respectives, telle enfin qu'elle est représentée dans le nouveau livre des Principes au vingt-unième article. *Vires corporum ad reflectendum et refringendum lumen, proportionales esse corporum ipsorum densitatibus quàm proximè, excepto quod corpora unctuosa et sulphurea refringant plùs quàm alia corpora, quæ sint eadèdem densitate.* NEWTON, *Opt.*, lib. 2, prop. 10.

Cette règle générale des réfractions n'est que le résultat mathématique de la mesure des angles, d'après les tables de Newton à la proposition citée. Elles nous ont fait voir que l'atmosphère, respectivement à sa densité, ne jouit pas d'une réfraction bien moindre que le verre commun, et celle du crystal de roche n'est guère plus forte ; tandis que la réfraction relative du spath d'Islande est plus considérable d'un cinquième, surpasse celle du sel gemme et de l'acide sulfurique, et est presque égale à celle même des cristaux du soufre. Le borax et le nitre l'emportent encore sur cette pierre, par leur puissance ré-

fractive, et l'eau pure l'emporte sur eux; viennent ensuite successivement, la gomme et l'esprit-de-vin, dont la réfraction est double de celle de l'air; le camphre et l'huile, en lesquels cette puissance est plus forte que dans l'esprit-de-vin de plus d'un quart; l'ambre, où elle est d'un tiers plus énergique, et le diamant. Voici, selon ces tables de Newton, les *réfractions* comparatives de la lumière dans toutes ces substances, d'où l'on verra que l'ordre de leur puissance réfractive, en commençant par les corps où cette puissance est la plus grande, indique l'action la plus forte sur la lumière dans les résines, ensuite dans les huiles ou les liqueurs spiritueuses, puis dans l'eau, dans les acides, dans les cristaux, et enfin dans l'air: le diamant 14556, l'ambre 13654, l'essence de la résine du térébinthe 13222; l'huile de lin 12819, l'huile d'olive 12607, le camphre 12551, l'esprit-de-vin 10121; la gomme 8574, l'eau 7845; le nitre 7079, le borax 6716, le soufre cristallisé 6570, la chaux carbonatée ou spath d'Islande 6536, le sel gemme 6477, l'acide sulfurique 6124; le quartz ou crystal de roche 5450, le verre 5436; l'air 5208, le verre d'antimoine 4864, la silice fluatée alumineuse ou fausse topase 3979. Ces deux dernières substances sont des acidifères, c'est-à-dire qu'elles contiennent l'une et l'autre des parties qui entrent comme élémens dans l'air atmosphérique; car le verre d'antimoine est une composition de sul-

fure et d'oxide d'antimoine selon les chimistes. A ces tables il faut ajouter les observations de M. Biot sur l'air inflammable ou gaz hydrogène, dont il a trouvé la puissance réfractive six fois plus forte que celle de l'air commun de l'atmosphère.

Il ne paraît pas qu'au temps où Descartes écrivait, on eût encore fait cette distinction de l'action supérieure des corps onctueux et sulfuriques sur la lumière, puisque en effet ce philosophe, ne considérant uniquement que la dureté, comme principe essentiel de la réfraction, établit en règle générale, « que d'au- » tant que les petites parties d'un corps sont plus du- » res et plus fermes, d'autant laissent-elles passer la » lumière plus aisément. » *Dioptr. Disc. 2.* Mais Newton aussi va trop loin, lorsqu'il enseigne comme une chose qui semble conforme et juste à la raison, qu'on peut bien attribuer toute la puissance réfractive dont sont doués les corps, ou du moins en sa très grande partie, aux particules sulfureuses que leur substance contient; car il estime, qu'il existe intimement dans tous les corps une plus ou moins grande quantité de ces petites parties sulfureuses : *rationi videtur consentaneum, ut corporum omnium vis refractivæ causam, particulis suis sulphureis maximâ sanè ex parte, si etiam in totum, attribuamus. Opt. lib. 2. prop. 10.* Cette assertion certainement est très hasardée; nous ne voyons pas en effet que le cristal de roche, lorsqu'il est pur, présente dans sa fixe

matière aucune trace de telles particules combustibles.

6. Une propriété particulière à certains cristaux, est de faire paraître doubles les objets qui sont vus à travers leur substance : cette propriété se nomme leur *réfraction double*. Elle a sa cause dans la puissance réfléchive de ces corps, qui, nécessitant que l'une des parties du rayon émis de l'objet rentre dans leur substance après l'avoir traversée, lui fait subir intérieurement une seconde réflexion, comme si les deux surfaces opposées de ces cristaux étaient deux glaces qui se répétassent l'une l'autre ; c'est-à-dire, que l'image la plus distincte est formée par la réfraction ordinaire des rayons qui traversent d'abord le crystal, et la seconde image, qui est plus faible, par deux réflexions intérieures et deux réfractions d'une partie détournée de ces mêmes rayons primitifs.

De même que dans un appartement rempli de glaces, tous les objets se répètent indéfiniment par les rayons de la lumière qui sont renvoyés sans cesse de l'une à l'autre : ainsi, chacune des surfaces d'une même glace formant elle-même comme un miroir distinct, lorsqu'on en approche une lumière, on voit sa flamme s'y réfléchir successivement jusqu'à trois fois, sans y comprendre même une quatrième réflexion, qui se fait sur la première surface du crystal par les rayons qui n'y pénètrent pas, comme il y en a toujours nécessairement, ainsi que je l'ai dit à

l'article *troisième*, à chaque transmission nouvelle de la lumière. La réflexion la plus claire ou la mieux marquée de la flamme, et sans comparaison la plus distincte, est la première qui se forme d'abord sur le tain. Ceux des rayons ensuite de cette première image, qui, retenus par la puissance réfléchive du miroir, sont empêchés d'en sortir lorsqu'ils parviennent à sa première surface extérieure, renvoyés de là sur l'étamage, y dépeignent une seconde image très faible auprès de cette première; et ce sont quelques rares parties des rayons qui ont formé cette image plus faible, qui, répercutées de nouveau par la surface supérieure, rentrent encore dans le verre, et vont figurer sur le tain une troisième flamme, plus incertaine et plus effacée que la seconde. Si l'on applique le doigt immédiatement sur la glace, le phénomène est le même; il est seulement très peu marqué, et ne devient même bien visible que regardé dans une certaine obliquité, et si la glace est un peu forte; et l'expérience réussit mieux encore à la clarté des flambeaux, soit à cause que leur lumière plus débile cède et se ploie plus aisément à l'action réfléchissante du miroir, soit plutôt que le moindre éclat qu'ils répandent doit moins nuire à la perception distincte de ces faibles lueurs. Il est bien sûr que l'image du doigt et celle de la flamme se trouvent dans cette expérience renvoyées trois fois dans la glace par la

première surface, et que cette triple transmission est cause que sa réflexion est vue triple.

Tel est, en effet, le phénomène singulier de la double réfraction, qui est particulièrement sensible dans une variété de la chaux carbonatée des minéralogistes, nommée vulgairement *spath* ou *crystal d'Islande*. Il ne paraît point qu'il en soit fait nulle mention dans les ouvrages de Descartes. Huygens est le premier qui, dans son *Traité de la lumière*, en a vainement recherché l'origine. Cette origine, Newton l'avait cru voir dans une certaine structure indéterminée qu'il imaginait aux rayons, en lesquels il supposait deux côtés, opposés l'un à l'autre diamétralement, qui seraient doués de la propriété naturelle d'où cette puissance réfractive tirait sa cause : *habent igitur singuli radii bina latera, inter se ex adverso opposita, quibus quidem lateribus congenita est proprietas ea, à quâ pendet refractio inusitata*. *Opt. quæst. 25*. Les savans n'ont point adopté le système imaginé par cet auteur, et l'opinion qui est aujourd'hui répandue, en attribue la production communément à une disposition particulière des molécules intégrantes dans les corps dont cette réfraction est l'un des caractères. Mais l'explication de Newton n'est, dans le vrai, qu'une hypothèse très gratuite, et les molécules des cristaux en lesquels cette propriété a été observée, présentent indistinctement toutes les trois formes primitives que

M. Haüy attribuait aux divers genres des minéraux : le crystal de roche, la topase, le péridot, l'eulase, la cymophane, toutes substances dont la réfraction est double, ont leur molécule intégrante d'une forme tétraédrique ; le béril, où cette puissance réfractive est la même, affecte la seconde forme, qui est celle du prisme triangulaire ; et le gemme, ou corindon, qui la possède également, a sa molécule intégrante, de même que le spath d'Islande, de la figure d'un parallépipède rhomboïdal. Ces substances sont d'ailleurs si diverses, qu'il serait difficile de découvrir en elles aucun caractère particulier auquel on puisse attribuer, avec quelque apparence de certitude, la propriété de leur réfraction, sinon une puissance très forte de réflexion, qu'ils doivent à leur nature cristalline. Et les cristaux de soufre, de même ceux du céruse natif ou carbonate de plomb, et le borat oriental ou soude carbonatée des méthodistes, qui est un fondant, doivent évidemment leur puissance de la réfraction double à leur nature combustible, qui leur donne sur la lumière une action très marquée (art. 5).

Il semblerait, d'après cet exposé, que le phénomène de cette réfraction devrait convenir indistinctement à la généralité des corps diaphanes, du moins à ceux dont la puissance réfractive est assez grande, puisqu'il est vrai qu'il y a réflexion de la lumière sur chacune des surfaces quelconques de tous les

milieux où elle passe. Mais, dans la plupart, cette faible apparence est empêchée par l'abondance de la lumière trop vive qui les traverse en tous les sens, et qui en détruit nécessairement et en efface la débile perception, comme est couverte et effacée, par l'éclat supérieur du jour, la pâle lueur d'un faible flambeau; et il n'y a parmi les cristaux que ceux-là seuls qui ne livrent que difficilement à la lumière le passage à travers leur substance, qui, interceptant de la sorte ses plus abondans rayons, en puissent offrir à notre vue le singulier phénomène. Nous remarquons en effet, à l'appui de cette assertion, que le spath d'Islande n'est pas un corps d'une limpidité des plus pures; sa transparence, peu distincte, a quelque chose de terne et de nébuleux. Au contraire, la limpidité du diamant est sans aucun nuage et d'une rare pureté; et c'est, je m'imagine, pour cette cause, qu'il ne jouit pas, comme les autres pierres combustibles, de cette propriété remarquable de réfraction.

7. On distingue trois sortes de lumières principales, dont la réunion constitue la lumière blanche du jour : ces trois lumières sont la *jaune*, la *rouge* et la *bleue*, qui se subdivisent elles-mêmes en une quantité d'autres, parmi lesquelles Newton en a désigné sept primitives, qu'il a nommées *homogènes*, parce qu'elles ne sont plus susceptibles d'altération ou de décomposition par aucun moyen que

l'on connaisse. Voici, selon l'ordre respectif de leur plus grande clarté, les couleurs de ces sept lumières de Newton, en lesquelles se partage tout rayon blanc *hétérogène* qui traverse, dans quelque lieu assez sombre, le crystal poli et triangulaire qu'on nomme le *prisme* (fig. 8) : ce sont les sept couleurs du jaune, de l'orangé, du vert, du rouge, du bleu, de l'indigo et du violet, lesquelles rentrent toutes naturellement dans quelque'une des trois classes principales que nous venons de dénommer. NEWTON. *Opt.*, lib. 1 pars 1 c. 2, prop. 2.

Cette théorie n'est que la simple conséquence des incontestables expériences qu'a entreprises Newton, à qui la démonstration manifeste, au dernier siècle, et la découverte heureuse en sont particulièrement dus. C'est en vain qu'on chercherait encore aujourd'hui à en éluder la certitude mathématique : ces expériences sont formelles. « Je n'ai jamais trouvé, » dit-il, un seul corps qui pût changer en la réfléchissant, du moins d'une manière sensible, la couleur de l'une des lumières homogènes.... ni jamais, en multipliant les réfractions, j'en ai pu réussir à en faire varier aucune le moins du monde ; mais toujours elle demeurerait telle que sa couleur avait été au commencement, *sed semper idem prorsus color permansit qui fuerat initio*.... Si la clarté du soleil, continue-t-il, ne consistait donc qu'en un seul genre de rayons, toutes les choses visibles

» devraient être uniformément de la même teinte,
» et il n'y aurait ni réflexion ni réfraction au monde
» qui pût engendrer jamais une seule couleur nou-
» velle; d'où il suit que toute la variété des cou-
» leurs dont la nature se pare, ne peut dériver es-
» sentielllement que de la composition seule de la lu-
» mière. » *Opt.*, lib. 1, pars 2, prop. 2, exp. 5 et 6.

8. Ces sept lumières de Newton ne possèdent point toutes à un degré égal la propriété réfrangible; mais elles ont chacune un degré différent et invariable de réfrangibilité (art. 3), qu'elles conservent inaltérablement dans toutes les circonstances de leur motion. Et celles de ces différentes lumières qui sont détournées dans les corps par la réfraction la plus forte, sont aussi celles qui en certaines circonstances y deviennent également les plus *réflexibles* (art. 2), c'est-à-dire, qui se peuvent réfléchir en effet, sur la surface de ces corps, à une obliquité moindre de l'incidence. *Opt.*, lib. 1, p. 1, pr. 1 et 3, exp. 1-10.

La diversité de la réfraction dans les sept rayons homogènes a été prouvée par une multitude d'expériences, parmi lesquelles celle d'un fil éclairé de deux rayons d'une différente couleur, lequel paraît, à travers le prisme, séparé et comme coupé en deux par l'inégalité des réfractions, suffirait bien pour en établir pleinement la certitude; et chacun de ces rayons homogènes, pris à part et indépendamment de tous les autres, présente invariablement les mêmes

phénomènes. On a démontré ainsi géométriquement, par de rigoureuses expériences, que parmi les rayons simples du prisme, le violet, l'indigo et le bleu sont les plus réfrangibles, ensuite le vert et le jaune, et que les moins réfrangibles de tous sont l'orangé et le rouge : car tel est l'ordre où ils se viennent dépeindre régulièrement dans un cabinet obscur sur l'image oblongue et colorée, que le prisme fait voir. Et les rayons de chacune de ces sept couleurs primitives étant rassemblés séparément au foyer d'une lentille, les rayons de la couleur rouge homogène, qui sont les moins réfrangibles, convergent à un foyer plus éloigné que celui où se viennent réunir les rayons de toutes les autres couleurs, et ceux même de la brillante lumière jaune, la plus éclatante des lumières. L'observation que les étoiles, lorsqu'on les regarde à travers un prisme auquel une forte lunette est adaptée, se montrent nuancées distinctement des couleurs du rouge, du jaune, du bleu et du violet, au lieu que regardées par une lunette quelque peu moins forte, le jaune disparaissant, on n'y remarque plus que du rouge, du violet et du vert, et à la vue simple, qu'une légère teinte d'un bleu terminé de rougeâtre, ne prouve pas que la lumière jaune, qui semblerait par cet exemple avoir besoin d'une réfraction plus forte pour réunir ses rayons, soit en effet la moins réfrangible des lumières, ou la plus difficile par sa grande force à s'infléchir et à se laisser réfracter :

mais elle nous montre seulement, que la séparation des couleurs des sept rayons simples est moins distincte et moins parfaite de beaucoup par de moins puissantes réfractions.

La différence des réflexibilités des sept rayons homogènes suit le même rapport, selon Newton, que l'inégalité de leur propriété réfrangible. Car, lorsqu'on fait tourner sur son axe, d'une main lente, le prisme où la lumière se transmet, jusqu'à ce que tous les rayons colorés les uns après les autres aient disparu par ordre de l'image oblongue lumineuse, les rayons violets et les bleus, qui sont les plus réfractés, en disparaissent les premiers de tous, et sont réfléchis entièrement sur la surface du prisme, lorsque les divers autres cependant y sont transmis encore pour la plupart. *Opt.*, lib. 1, pars 1, exp. 9. La remarque que fait Buffon sur cette expérience fondamentale est sans doute très juste. « Il n'est pas » étonnant, dit-il dans son septième Mémoire sur les » Couleurs, qu'à une certaine obliquité, le rayon » violet se trouvant, en sortant du prisme, plus oblique à la surface que tous les autres rayons, il soit le » premier saisi par l'attraction du verre et contraint » d'y rentrer; tandis que les autres rayons, dont » l'obliquité est moindre, continuent leur route sans » être assez attirés pour rentrer dans le verre : ceci » n'est donc pas, comme le prétend Newton, une » vraie réflexion, c'est seulement une suite de la

» réfraction. » Mais que cet effet ait sa véritable cause dans la réfraction, ou dans le principe d'où ce phénomène dépend, ce qu'il ne s'agit pas ici de discuter, ce n'en est pas moins assurément une réflexion très réelle. Ce qu'il est vrai de dire, c'est qu'on ne l'observe jamais que dans les lumières que la réfraction a séparées, et que tous les rayons dont la direction est la même se réfléchissent, comme je l'ai reconnu, au même degré d'obliquité sur la première surface d'un crystal. Du reste, c'est un point de l'optique qui n'est pas encore aujourd'hui bien éclairci, si les rayons contractent effectivement dans la réfraction un degré différent de réflexibilité, ou s'ils ne doivent, comme le pensait Buffon, la diversité apparente de leur propriété réflexible après l'inégalité d'une transmission oblique, qu'à la diversité des inclinaisons que la réfraction leur donne dans les milieux. L'incertitude inséparable du défaut d'une masse suffisante d'expériences se fait ici sentir. Ce serait surtout la diversité des inclinaisons que la réfraction donne aux différens rayons homogènes, qu'il faudrait d'abord avoir comparée dans une précision assez exacte aux différens degrés d'obliquité où chacun d'eux est réfléchi dans le crystal; je ne sache pas que Newton, ni personne après lui, ait entrepris encore de définir cette exacte mesure. Ce qu'il dit sur la propriété diverse de réflexion dans les sept rayons simples à la propo-

sition huitième de son second livre, n'est fondé que sur cette même expérience, dont Buffon lui a contesté la valeur et les résultats. La seizième de son premier livre, seconde partie, où l'on voit dans une position convenable, par la réflexion abondante de la clarté des nues, un arc bleu dans toute la longueur du prisme, ne saurait non plus prouver davantage sur cet objet ; car bien qu'il soit vrai qu'il parvient alors dans le prisme des rayons de lumière en tous les sens, ce qui doit faire assurément qu'il se rencontre sur sa surface inférieure, où la réflexion s'accomplit, des rayons de toutes les couleurs en toutes les directions, néanmoins, comme la clarté du ciel lui arrive dans une abondance bien plus forte en un certain sens, il se doit aussi trouver toujours sur cette même surface de plus abondans rayons réfractés dans une certaine direction ; et ce nouveau phénomène n'étant ainsi sous une différente forme qu'une simple répétition de la première expérience, il ne peut rien prouver davantage que celle-là même, dont les conséquences sont présentées ici comme douteuses.

9. De cette inégalité qu'on a reconnue dans la propriété réfractive des différens rayons homogènes, dont la lumière du jour se compose, ou de cette facilité inégale qu'ont leurs subtils corpuscules à se laisser détourner ou infléchir par l'action de résistance des milieux, il doit résulter nécessairement,

que toute substance qui exercera sur eux cette action les devra séparer les uns des autres, et *décomposera* la lumière ; puisque, transmettant les rayons, selon l'ordre de leur réfrangibilité différente, avec des angles inégaux de réfraction, elle les doit de nécessité désunir et les écarter plus ou moins de la commune direction qu'ils avaient d'abord : *radios heterogeneos inæqualibus suis refractionibus divergere et à se invicem separatos esse*. NEWTON. *Opt.*, lib. 1, pars 2, prop. 3, exp. 8.

Un cheveu, une lame de couteau, la moindre inégalité de résistance ou d'impulsion que les rayons éprouvent, opèrent cette *décomposition* de la lumière blanche hétérogène du jour ; mais elle n'est pas toujours bien distincte et suffisamment sensible, à cause de la clarté trop abondante qui recouvre et dérobe à nos yeux, en nombre de cas, une multitude très grande de ces subtiles décompositions partielles lumineuses ; et elles ne deviennent assez apparentes à la vue, que réunies en une quantité un peu forte. Les cristaux, dont l'action puissante sur la lumière la détourne par un angle très grand d'inflexion, en opèrent la décomposition bien complète ; et elle se manifeste sensiblement, toutes les fois que les deux surfaces du crystal que le rayon traverse ne sont point parallèles l'une à l'autre ; car, si elles étaient parallèles, la seconde surface, par une réfraction inverse, devrait rétablir le rayon qu'aurait décom-

posé la première. Et en général, que les surfaces réfringentes des milieux soient parallèles entre elles, ou qu'elles soient au contraire inclinées : « si la lumière, dit Newton, est rétablie de telle sorte par des réfractions contraires, qu'elle ressorte à la fin des divers milieux réfringens en des lignes parallèles à celles suivant lesquelles elle y avait d'abord pénétré, elle demeurera toujours blanche », et ne devra point subir dans ces corps de décomposition : « mais si les rayons émergens, au contraire, sont inclinés par rapport aux premiers rayons incidens, alors la blancheur de la lumière émergente, plus elle s'écartera davantage du lieu de son émergence, se revêtira insensiblement de couleurs à ses extrémités. » *Ibid.*

Newton, en déduisant cette règle, qu'il a vérifiée avec exactitude, en plaçant à sa huitième expérience dans un vase prismatique rempli d'eau plusieurs prismes de verre ou de crystal, conclut de la blancheur uniforme que conservaient dans leur émergence les rayons parallèles de la lumière, « que les rayons dont l'incidence était la même, n'avaient point été séparés les uns des autres en sortant des milieux, et qu'il n'y avait eu conséquemment aucune inégalité des réfractions totales » : *radios similiter incidentes neque post emergendum à se invicem separatos esse, neque ullam consequenter totarum fuisse refractionum inaequalitatem.* Cette

explication un peu vague réclame ici quelques éclaircissemens. Il faut entendre que des directions diverses, et alternativement opposées, que les rayons homogènes ont reçues à chaque réfraction nouvelle qu'ils ont subie, suivant les lois de leurs réfrangibilités différentes, il est résulté au total, par la contrariété des réfractions inverses qui se balançaient mutuellement et se détruisaient, que la direction définitive qu'ils ont contractée par la dernière réfraction en sortant de ces prismes, s'est trouvée la même pour chacun d'eux, et qu'ainsi ils ont dû suivre comme d'abord leur commune course parallèle, et ne se point séparer les uns des autres. C'est à ce mutuel équilibre des réfractions totales, qu'il convient encore de rapporter l'expérience d'un rayon solaire qui, décomposé par le prisme, est rétabli dans sa blancheur primitive par un prisme semblable, disposé parallèlement au premier, lorsque l'on place entre les deux cristaux une lentille, qui réunit par sa réfraction les rayons simples que le premier prisme avait rendu divergens et trop écartés. *Opt.*, lib. 1, pars 2, prop. 11. Mais si les deux prismes étaient contigus et se touchaient l'un l'autre immédiatement, il est sensible que l'usage du crystal lenticulaire deviendrait naturellement superflu; et à quelque distance même qu'on les éloigne, si leurs trois surfaces sont parallèles et disposées inversement les unes aux autres,

le second prisme rendra toujours aux rayons le parallélisme primitif de leur direction première, de sorte que, sans l'écartement inévitable qu'ils ont dû contracter par leur divergence avant cette réfraction du nouveau prisme, la lumière blanche devrait toujours s'ensuivre.

10. Les couleurs variées des corps opaques ne sont qu'une suite de cette décomposition de la lumière du jour, par l'inégalité de ses transmissions intérieures dans leur substance poreuse, chacun de ces corps, suivant la grandeur de ses molécules intégrantes, renvoyant à nos regards les rayons de quelques-unes des sept lumières homogènes dans une abondance plus grande que ceux de toutes les autres; et la lumière qu'ils nous renvoient ainsi, par un rapport intime et naturel qu'ont mutuellement entre eux les couleurs et les degrés des réfrangibilités des rayons, est dans une telle harmonie exacte et constante avec la constitution intérieure de leur substance, que ceux dont les molécules composantes sont les plus fortes, sont ceux aussi qui à toutes choses égales nous réfléchissent toujours les couleurs des moins réfrangibles rayons. *Colores corporum oriuntur, ex eo quod particulae ipsorum reflectantes certis sint magnitudinibus.. Apparet que inter colores et refrangibilitatem mutuum ac perpetuum esse connexum atque responsum, etc.* NEWTON, *Opt.*, l. 2, prop. 8, in finem; pars. 2... et lib. 1, p. 2, pr. 10.

Il ne saurait être douteux que la diversité des couleurs que les corps naturels font paraître, n'ait véritablement d'autre origine que les diverses manières dont leurs substances agissent sur les faisceaux des rayons du jour et les renvoient vers nos yeux, puisque nous ne voyons ces corps, nous n'éprouvons la sensation de leurs couleurs, que par la lumière qui les frappe et qu'ils nous réfléchissent. Que cette diversité de leur action dépende ensuite de la diversité des grandeurs de leurs petites parties composantes, et qu'elle en dépende de la manière que nous le venons d'exposer, est une vérité mathématique que les expériences décisives de Newton ne permettent plus aujourd'hui de contester; ce savant auteur ayant reconnu par les observations les plus exactes, comme il le marque à la partie première de son second livre, que si, sur la surface d'un verre un peu convexe à ses deux côtés, on applique par son côté plat un second verre dont l'autre surface soit convexe, il se manifeste à l'air libre, selon qu'on les approche l'un de l'autre davantage, en les comprimant de la main, autour du point où leurs surfaces opposées sont en contact, des cercles concentriques colorés, dont les couleurs deviennent foncées de plus en plus et bien intenses, à proportion comme la couche d'air qui est interposée, et sur laquelle la refraction se fait, devient moins épaisse et plus ténue, par le rapprochement successif des deux verres

*

(Obs. 4) : et de même, qu'une bulle de savon, à mesure que les couches d'eau qui la forment s'écoulent par degrés insensibles, se colore de semblables cercles, qui sont d'abord très peu distincts et d'une couleur peu tranchée, à cause de la confusion des rayons trop mélangés encore que l'épaisseur de la bulle réfléchit, mais qui bientôt, comme la bulle s'affaiblit graduellement et perd de sa substance par les écoulemens successifs de l'eau, deviennent plus brillans, plus vifs, et d'une couleur plus intense, jusqu'à ce qu'enfin, après qu'une sombre teinte de la couleur bleue, en s'obscurcissant de plus en plus, s'est dilatée comme un réseau dans toutes les fissures qui se forment sur la surface de la bulle, il se répande à son sommet une large tache d'un noir très sombre et très obscur, et que la bulle successivement affaiblie éclate et se rompe (Obs. 18). Les couleurs dont se nuançait cette bulle se succédaient dans l'expérience de Newton selon cet ordre : rouge, bleu; rouge, bleu; rouge, bleu; rouge, vert; rouge, jaune, vert, bleu, pourpre; rouge, jaune, vert, bleu, violet; rouge, jaune, blanc, bleu, noir. Les mêmes observations se répètent encore sur l'écume du savon et sur les légers globules indistinctement de toutes les autres liqueurs. Ainsi, de la contemplation d'une bulle, l'ingénieux Newton s'élevait à la théorie la plus complète des couleurs naturelles des corps.

LIVRE PREMIER.

PARTIE MATHÉMATIQUE.

DES PETITS MOUVEMENS LUMINEUX.

QUE LA PUISSANCE DE LA LUMIÈRE EST CELLE DE TRÈS PETITS CORPS LANGÉS, QUI EXERCENT LES UNS SUR LES AUTRES UNE ACTION MUTUELLE.

SECTION PREMIÈRE.

Des inflexions générales dans les transmissions lumineuses.

QUE TOUTE INFLEXION OU DÉVIATION QUELCONQUE DANS LA DIRECTION DE LA LUMIÈRE, EST DÉTERMINÉE PAR LA PROPORTION DES FORCES DIVERSES QUI LA SOLLICITENT.

DES LOIS GÉNÉRALES QUI RÉGISSENT LA LUMIÈRE.

11. Des trois causes secondes par rapport à la lumière. — 12. De la répercussion lumineuse : vitesse de la lumière. — 13. De l'attraction lumineuse. — 14. De l'inflexion. — 15. Son explication mécanique.

11. Les principes sur lesquels repose toute la théorie des petits mouvemens lumineux, se réduisent à deux principaux, dont le premier est cet

axiome de l'optique, tiré des lois de la MOTION, que *la lumière se répercute sur les corps avec un angle constamment égal à celui de son incidence à leur surface*; et le second est cette loi générale de l'ATTRACTION, résultat elle-même d'une impulsion mécanique, que *tous les corps semblables exercent les uns sur les autres une action mutuelle*. La troisième loi de la matière, la GRAVITATOIN (P. N. art. 17), n'entre pour rien dans tous les mouvemens lumineux, puisqu'ils se font avec une facilité très égale en tous les sens, et qu'ils ne manifestent en aucune sorte la moindre tendance particulière dans la direction de cette même force, qui agit toujours vers en bas. C'est donc à tort que l'on a conclu de l'inflexion de la lumière sur le tranchant d'un couteau, qu'elle paraîtrait douée de pesanteur: cette inflexion n'a certainement nul rapport avec la puissance de la gravité, puisqu'elle s'accomplit aussi bien dans un sens tout-à-fait opposé à celui où la gravité agit. Un tel abus des termes a son origine dans l'usage impropre, que trop fréquent parmi les newtoniens, d'employer indifféremment l'une pour l'autre, dans leur système planétaire, les expressions très différentes de *gravité* et d'*attraction*, qui sont cependant au réel les deux forces motrices de la matière qui se ressemblent le moins. Mais il est même plus que douteux, que le fait particulier dont nous parlons ait sa primitive cause dans l'attraction : c'est

plutôt, comme on le fera voir, aux simples lois de la motion, que nous estimons qu'il se doit effectivement rapporter; car ce n'est pas par un effet d'attraction, que des cailloux lancés avec roideur contre un arbre se détournent de la voie directe de leur course. On peut juger, par ces méprises choquantes, combien s'est étrangement abusée la philosophie moderne jusque dans les premiers principes de la science; et s'il y a dans ses doctrines ambitieuses une telle confusion des notions même les plus simples, et qui sont vraiment fondamentales de toute la saine physique, que devra-t-on penser des conclusions qu'elle asseoit et qu'elle fonde sur d'aussi confuses et incertaines lois?

Ainsi la lumière, ou l'élément susceptible du mouvement lumineux, lorsqu'il est constitué en ce mouvement, c'est-à-dire lorsqu'il se meut en ses rayons directs et rectilignes, n'obéit qu'aux lois impulsives de deux seulement des causes secondes de la nature, la force attractive et la motion; et la théorie des phénomènes lumineux, dégagée de tout l'incertain des éternelles questions si souvent débattues sur les véritables élémens et sur la cause effective de la pesanteur, est l'une des plus simples et des mieux caractérisées que la philosophie exacte nous propose. Elle se déduit, en effet, immédiatement des seuls faits naturels, sans aucune de ces décompositions artificielles de la chimie moderne, où, trai-

tant les corps par le feu ou quelque autre agent étranger, on prétendrait, sous l'apparence d'une exactitude de pharmacie, nous imposer les résultats de ces falsifications laborieuses, pour des principes simples et élémentaires; car, serait-ce en combinant des corps avec le feu, qu'on les rend simples?

12. Le premier principe de toutes les variations de la lumière dans son mouvement rectiligne, savoir, qu'elle se *répercute* dans ses chocs, comme tout corps solide qui se meut, avec un angle toujours égal à l'angle primitif de son incidence, est un axiome que la réflexion des corps polis nous démontre. C'est ainsi que s'explique la propriété remarquable qu'ont les *miroirs*, qui renvoient de toutes parts les rayons uniformément selon le même ordre où ils les ont reçus, de représenter si nettement les images des objets qui sont exposés devant leurs surfaces. Les *corps blancs*, qui réfléchissent aussi, comme les miroirs, presque toute la lumière qui leur arrive, ne présentent point cependant le même phénomène, parce que ces corps ne la renvoient, au contraire des miroirs, que dans un mélange très confus qui intervertit son premier ordre, à cause d'abord des inégalités de leurs surfaces extérieures, et aussi par les réfractions inégales qui en résultent dans l'intérieur de leurs petites parties constituantes; car la transparence de ces moindres parties dans tous les corps opaques, les métaux

blancs seuls exceptés*, nous témoigne bien que la lumière n'en ressort pas dans la réalité avant d'y avoir pénétré quelque peu. Il semblerait de là qu'on dût conclure très naturellement, que le mercure et tous les autres métaux qui sont susceptibles par leur poli de servir à la confection des miroirs, ou sont im pénétrables tout-à-fait à la lumière, ou, s'ils lui sont pénétrables, ne lui doivent faire subir dans leur substance que de bien égales réfractions; et du moins faut-il bien que les inégalités de ces réfractions intérieures, si elles existent, soient dans ces corps polis à peu près nulles, ou ne s'exercent point sur les rayons dont les images régulières sont formées. Mais le phénomène de cette réflexion des miroirs sera mieux expliqué en un autre lieu.

Si la lumière, abstraction faite des différences que sa subtilité très grande y apporte, obéit réellement aux mêmes lois que tous les corps terrestres qui sont lancés, elle devra donc, de même que ceux-ci, employer un certain temps à se mouvoir. Descartes considérant que, dans les éclipses de lune, l'observation ne découvre aucun intervalle sensible de temps entre le moment réel où le calcul montre que l'obscurcissement de son globe se doit faire, et l'instant où cette obscurité devient distincte et apparente à la vue, au contraire de ce qui arrive dans

* *Opt.*, liv. 2, prop. 3.

les communications du son , comme , par exemple , dans la détonation de la poudre , dont nous n'entendons le bruit à quelque distance qu'un peu de temps après le coup , avait cru que la propagation de la lumière devait être en effet instantanée. Il la représentait comme un certain mouvement ou une action fort vive qui se propageait vers nos yeux par l'entremise d'un air extrêmement rare et subtil , « en » la même façon que le mouvement ou la résistance » des corps qu'un aveugle rencontre , passe vers sa » main par l'entremise de son bâton. » (*Dioptr.* , disc. 1.) Mais les observations de Røemer , que nombre d'autres ont confirmées dans la suite , ont fait connaître depuis aux astronomes , que selon que la terre est entre jupiter et le soleil , ou que le soleil est au contraire entre jupiter et notre globe , les temps des immersions des satellites de cette planète paraissent dans le premier cas avancer , et rétrograder dans le second , de sept ou huit minutes à peu près ; dont la conséquence naturelle est évidemment , que les rayons de la lumière emploient tout cet espace de sept minutes de temps à parvenir du corps du soleil sur la terre , éloignés l'un de l'autre , suivant les meilleurs calculs astronomiques , d'au-delà de trente-trois millions de lieues : *vitesse* , comme on le suppose , dix millions de fois plus forte que celle du boulet qui est lancé de l'embouchure d'un canon. (NEWTON , *Opt.* , lib. 2 , prop. 11.) L'aberration des

étoiles fixes, observée vers le milieu du dernier siècle par Bradley, a été rapportée encore à la même cause. Ces découvertes, postérieures à Descartes, sur la célérité de la lumière, ne pouvaient cependant, ainsi que plusieurs l'ont paru croire, renverser le système de ce savant homme sur la nature du mouvement lumineux; et il eût suffi, pour l'accorder aisément à ces faits, comme l'a remarqué Euler, avec raison, au chapitre premier de sa Théorie lumineuse, qui est renouvelée de Descartes, de concevoir seulement, au lieu que ce philosophe supposait que toutes les parties de l'éther se dussent immédiatement toucher, que cette matière si subtile où se propagerait la lumière, se composât de parties qui fussent l'une de l'autre quelque peu distantes.

13. Le second principe dont la considération est nécessaire à l'intelligence des petits mouvemens lumineux, l'*attraction mutuelle* des rayons, se confirme par une multitude de faits et d'incontestables expériences. Comme les preuves en sont répandues d'ailleurs en assez grand nombre dans tout ce traité, il suffira de rappeler ici sommairement l'expérience ordinaire du prisme, où l'on en voit un remarquable exemple. Car les axiomes et les premières règles de l'optique nous enseignent, que les franges ou bordures colorées qui accompagnent les ombres de tous les corps, lorsqu'on les regarde par ce verre,

sont les extrémités d'autant d'images de ces corps que la réfraction du prisme sépare et qu'elle développe les unes des autres, c'est-à-dire les extrémités véritables des images de toutes les couleurs qui composent la lumière blanche du jour : or si cette lumière véritablement, comme Newton l'établit (art. 7), ne se compose que de sept rayons simples ou homogènes, il devrait s'ensuivre de nécessité, que l'image de chaque objet quelconque ne pourrait être répétée au-delà de sept fois, puisqu'elle le doit être une fois seulement par chacune des sept lumières simples. Et néanmoins, dans la onzième expérience de la première partie de son Optique, cet auteur montre, que si l'ouverture par laquelle parvient dans un cabinet ténébreux le filet de lumière, est assez étroite, cette lumière pourra être dilatée par le prisme jusqu'à même soixante-dix fois sa largeur, sans qu'il s'y manifeste en aucune sorte entre les images simples des sept couleurs quelque intervalle apparent; bien que, très certainement, s'il n'y avait quelque puissance intérieure assez forte qui retint unis les rayons, il devrait être inévitable en ce cas, que, quand la dilatation seulement serait parvenue au septuple, si elle devenait ensuite quelque peu plus grande, il se formât entre les images de ces sept couleurs, par leur séparation bien distincte, des ombres très apparentes. Un tel effet de l'union intime et réciproque des rayons simples de la lumière,

contradictoire à toutes les lois générales d'où la réfraction se mesure (art. 5), ne peut évidemment avoir d'autre cause que la puissante attraction qu'ont mutuellement entre elles toutes les parties de ce subtil élément, cette attraction les retenant toutes, malgré l'expansion du faisceau, dans les mêmes distances respectives les unes des autres, et empêchant par sa très grande force que le rayon trop écarté ne se rompe et ne se désunisse entièrement.

De l'Inflexion.

14. Ces deux principes de toute variation dans les mouvemens lumineux, l'attraction et la répercussion du choc, sont la cause des *inflexions* qu'éprouve dans l'obscurité d'un lieu sombre un étroit rayon, lorsqu'il rencontre dans sa direction quelque corps qui porte obstacle à son mouvement. Cette inflexion ne s'observe que dans un rayon très réduit et dans un endroit fort obscur, la clarté trop vive d'une lumière nombreuse devant inévitablement en offusquer la perception très faible, de même que la clameur d'un tumulte violent empêche d'entendre auprès de soi des sons plus doux; et l'attraction d'ailleurs des abondantes parties d'un large rayon, qui, passant près de la surface du corps qu'on leur oppose sans la toucher en aucun point, n'en supporteraient pas l'action directe d'impulsion, paraîtrait

devoir entraîner alors, dans leur rapide et véhément torrent, celles qui, sans cette force puissante d'attraction qui les sollicite, répercutées par la surface du corps où elles se heurtent, en devraient subir nécessairement et conserver l'inévitable inflexion. Car, si une lumière AB très atténuée (figure première) vient à rencontrer dans sa course le corps C , quelque faible que soit la solidité de ce corps, soit même celle d'un cheveu, la subtilité des rayons étant plus grande de beaucoup, il y en aura toujours plusieurs mn et op qui le heurteront à de différentes incidences, les uns sur le plan de rs , les autres de tv , et qui en seront répercutés, comme tous les corps qui se meuvent, avec des angles égaux aux angles de leurs incidences sur sa surface. Or, ces parties, ainsi détournées par leurs chocs divers, agissant mutuellement par leurs impulsions réciproques les unes sur les autres, et sur celles aussi qui les avoisinent à quelque distance, et qui ont passé près du corps sans aucun choc, elles seront toutes entraînées généralement dans une inflexion commune, qui est toujours la moyenne proportionnelle de leurs impulsions diverses sollicitantes; de telle manière cependant, comme cette impulsion attractive, ainsi que toutes les autres, a ses degrés, que les petits faisceaux KL et DI , qui se sont mus à de moindres distances du corps C et des rayons que son choc répulsif détourne, devront

être aussi les plus *infléchis* par leur action , tandis que ceux qui , passant à de plus grands intervalles , ne ressentent qu'une impulsion plus faible de ces rayons détournés , l'ont dû être moins dans la proportion même de leurs distances respectives.

Ainsi Newton observa , après Grimaldi , qui en fit le premier l'expérience , que si un rayon très étroit , reçu dans une chambre assez sombre par un trou percé avec la pointe d'une aiguille , tombe sur un cheveu , qui soit distant de cette ouverture d'environ douze pieds , il est partagé sur celui-ci , et , se détournant de sa course , laisse à dix autres pieds de distance une ombre trente-cinq fois plus large que le cheveu même qui la formé ; et l'on reconnaît que cette inflexion des rayons est respectivement plus forte de beaucoup à de petits intervalles de ce corps qu'à de plus grands , par l'observation que fit Newton , que l'étendue de l'ombre , à la distance d'un demi-pied du cheveu , comprenait , à son estimation , une cinquante-quatrième partie du pouce , et qu'elle était seulement d'une neuvième partie ou d'une ligne et un tiers , c'est-à-dire six fois plus large , à la distance dix-huit fois plus considérable de neuf pieds : car les petits faisceaux de la lumière qui , plus éloignés du cheveu , sont moins infléchis , comme on l'a vu , se développant par degrés , dit Newton , ainsi que la figure le représente , devant ceux qui l'ont été davantage ,

doivent nécessairement diminuer proportionnellement, suivant les distances, la grandeur apparente de l'ombre. Ce même phénomène d'inflexion (auquel doivent encore contribuer les chocs que la lumière éprouve sur les bords resserrés de l'ouverture étroite par laquelle elle s'introduit dans la chambre, dont l'inévitable effet et la conséquence doivent être la rupture de ses diverses parties et leur écartement, d'où leur divergence résulte), s'observe également sur des fils, des aiguilles, des brins de paille, et sur les autres légers corps indifféremment qu'on pourrait placer dans cette lumière; et aussi lorsqu'au lieu du fluide de l'air, ces mêmes corps sont environnés d'eau ou de tout autre milieu : circonstance qui nous doit convaincre évidemment, comme le remarque Newton avec justesse, que les réfractions de ces milieux n'y ont véritablement aucune part. Il n'est pas même jusqu'aux veines et aux inégalités qui se peuvent quelquefois rencontrer dans le crystal, qui ne projettent aussi, comme tous ces corps, dans cette lumière atténuée, des ombres beaucoup plus larges sensiblement qu'elles ne devraient être. — *Opt.*, lib. 3, obs. 1 et 3.

15. L'*inflexion* de la lumière est donc une déviation de sa direction rectiligne qui ne se fait pas régulièrement, comme la réflexion, par sa répercussion apparente dans un angle égal à l'angle suivant lequel elle heurte le corps qui l'infléchit, mais qui

pourtant , déterminée par ces mêmes lois uniformes de la réflexion , se manifeste lorsqu'un même faisceau de lumière éprouve dans ses diverses parties plusieurs semblables répercussions distinctes , différentes il est vrai , mais très régulières , dont le terme moyen est la mesure nécessaire de l'inflexion commune de tout le faisceau lumineux. Ainsi la réflexion a lieu , dans les fortes lumières , par une répercussion simple de toutes les parties lumineuses , et l'inflexion est le résultat dans les petits faisceaux de plusieurs de ces moindres répercussions , inégales entre elles et très rapprochées , que l'attraction , qui est très forte à de petits intervalles , réunit par une action mutuelle , et balance dans une déviation commune.

Je dis que l'attraction est l'un des principes essentiels de l'inflexion ; mais elle se peut bien faire très simplement par la seule impulsion et suivant les lois ordinaires de la motion de tous les corps : c'est-à-dire qu'il faut entendre cette attraction comme la conséquence d'une multitude de petites impulsions très réelles , qui agissent comme toutes les forces mécaniques ne peuvent de nécessité qu'agir ; et , en effet , toute l'action réciproque de plusieurs corps qui sont lancés violemment , ne peut être que dans leur seule impulsion. Une courte explication analytique fera aisément comprendre cette vérité. Soit une partie lumineuse R d'un rayon ab , dont la

direction est GH (fig. 1 *bis*), qui se heurtant sur le petit corps C, en est renvoyé suivant la ligne CE : que cette partie au point E en rencontre une seconde, marquée de la lettre G ; si cette dernière était immobile et dépourvue de toute motion , la première la devrait pousser, sans aucun doute , dans sa direction propre suivant CE ; mais elle se meut déjà dans le sens de GH : donc cette partie G sera sollicitée par deux forces , qui agiront sur elle suivant ces deux diverses directions GH et CE ; et si ces deux forces sont égales , il est manifeste qu'elle se devra mouvoir par leur impulsion moyenne et s'infléchir suivant EX ; et son inflexion serait moindre , si la force dont elle était poussée par CE était inférieure à GH , comme réciproquement elle serait plus grande , si le contraire avait lieu. D'ailleurs la partie R , qui s'est répercutée par CE , a reçu aussi mutuellement l'impulsion de cette même partie G ; elle a donc dû , comme celle-ci , se détourner un peu de sa direction primitive , pour se fléchir suivant le sens de l'impulsion nouvelle qu'elle recevait ; et si leurs deux forces étaient égales , elle se sera infléchie pareillement suivant la même ligne EX ; et son inflexion première aura diminué de toute l'inflexion que la partie G avait acquise. Une preuve que sa motion réellement a dû se fléchir en ce sens , et que cette partie R n'a point suivi sa direction primitive CE , se tire de l'observation huitième du

troisième livre de l'Optique, où l'on voit que l'inflexion des rayons qui sont les plus détournés ou les plus proches du corps solide infléchissant, cesse véritablement tout-à-fait à une certaine distance, où leur direction se confond avec la direction commune de ceux que leur course rencontre. Maintenant si les deux parties R et G, au point X, se vont encore heurter sur d'autres rayons F, d'une direction parallèle à GH, elles s'infléchiront et les feront infléchir d'une semblable manière par quelque ligne, telle, par exemple, que XY, qui sera moyenne proportionnelle entre les deux impulsions sollicitantes; et il en sera de même indéfiniment de toutes les autres parties lumineuses que ces mêmes rayons infléchis pourraient encore rencontrer dans la suite progressive de leurs mouvemens. On conçoit ainsi que cette inflexion lumineuse *devra toujours devenir moindre graduellement, comme le rayon s'éloignera sans cesse davantage du corps C* qui la cause; et que sa déviation progressive *devra être aussi plus sensible, d'autant que les petits faisceaux de la lumière seront plus atténués et proportionnellement plus faibles*, c'est-à-dire que les petites parties F, R et G seront plus distantes mutuellement les unes des autres, comme il arrivera si l'ouverture d'où le rayon parvient dans la chambre est très rétrécie, ou si l'endroit où ces petites parties, qui divergent sans cesse les unes des autres, se trouveront dans

le voisinage du corps C, est plus éloigné de cette même ouverture : car si la lumière était moins diffuse ou atténuée, et que la partie F, plus voisine de G, se rencontrât à un autre point z plus rapproché entre X et E, il est sensible que l'inflexion de la lumière, à ce point z , la porterait à un autre point v moins éloigné de H que n'est Y, et par conséquent que l'amplification de l'ombre du corps C serait moindre à la même distance EH.

Tous ces faits sont de la plus haute évidence, et je dirais presque, si on me passait l'expression, de la plus haute incontestabilité, puisqu'ils ne sont déduits, en effet, que des seules lois mécaniques de la motion, qui sont les lois de Descartes et les premiers axiomes du sens commun. Ils nous montrent que toutes les inflexions de la lumière, sur lesquelles repose essentiellement la théorie entière de sa propagation ou de ses petits mouvemens intérieurs, quoiqu'on ne les puisse toutes peut-être, à cause de la subtilité extrême de ses rayons, qui nous empêche d'en apercevoir bien nettement et d'en spécifier la secrète nature, expliquer aussi simplement par ces mêmes lois évidentes, peuvent bien n'être, dans la réalité, que des conséquences immédiates de ces petites impulsions intérieures que des rayons très rapprochés exercent les uns sur les autres; et cette théorie de la propagation lumineuse, très simple et très raisonnable en toutes ses parties,

se déduirait alors de ce principe unique : que la lumière (art. 12) *se répercute toujours sur les corps avec un angle égal à l'angle de son incidence à leur surface*. Toutes les attractions, au reste, ne paraissent rien être autre chose que des impulsions de divers genres : mais elles s'exercent le plus ordinairement, comme on l'expérimente dans l'attraction magnétique, par l'intermède de quelques petits corps secondaires très subtils, qui communiquent et qui propagent, pour ainsi dire, l'impulsion, au lieu qu'il y a cela de particulier dans l'attraction lumineuse que nous venons d'expliquer, que ce sont les petites parties lumineuses elles-mêmes qui agissent sans aucun intermède les unes sur les autres. Celle-ci se pourrait donc appeler proprement une *impulsion attractive simple*, et la première, celle que le magnétisme nous présente, l'*impulsion attractive composée*.

DE L'INFLEXION LUMINEUSE ENTRE DEUX CORPS.

16. Ses lois générales. — 17. Que l'inflexion se fait suivant la perpendiculaire au plan infléchissant. — 18. Des forces absolues de l'inflexion. — 19. De leur rapport avec l'obliquité du rayon. — 20. Des distances respectives des petites parties réfringentes dans les divers milieux.

PROPOSITION I.

16. Que l'inflexion de la lumière, dans son choc entre deux corps solides très rapprochés, est proportionnelle à l'inégalité des forces motrices qui sollicitent contrairement ses diverses parties.

L'inflexion de la lumière, dans son choc sur les parties solides de deux corps mutuellement rapprochés entre lesquels elle passe, de semblable origine que son inflexion sur le cheveu (art. 14), provient de ce que les corpuscules lumineux qui pénètrent avec le plus d'abondance entre ces parties, en sont détournés ou renvoyés dans le sens où cette inflexion s'accomplit, ces corpuscules plus nombreux déterminant, par leur impulsion plus puissante, l'inflexion générale de tout le faisceau du rayon en ce même sens où ils sont poussés : c'est-à-dire que l'inflexion de la lumière entre ces parties

solides, doit être considérée comme *la mesure de l'équilibre des impulsions diverses de tous les corpuscules qui composent le faisceau total du rayon*; de même que, lorsqu'un solide est poussé par plusieurs forces motrices dont les directions sont différentes, il prend toujours la direction moyenne qui lui est déterminée principalement par la force motrice la plus puissante, et qu'il se détourne selon le sens où le ment et le pousse cette force. De là trois cas :

1. Le premier, lorsque le rayon tombe perpendiculairement entre les deux corps solides. La répercussion des parties lumineuses sur ces corps étant alors égale de part et d'autre, il ne peut y avoir d'inflexion du rayon total. Ainsi le rayon AB (figure seconde) traversant entre les extrémités C et D de deux corps solides quelconques, et les côtés A et B de ce rayon, par leur incidence semblable, éprouvant chacun nécessairement, sur les extrémités de ces corps que leurs particules heurtent, le même effet de leur répercussion, qui renvoie les unes vers le point x , les autres par Cp et Do, et d'autres plus inclinées par Du et Cv, chacune suivant la direction de son incidence sur les tangentes aux parties C et D, ce rayon, sollicité ainsi également des deux côtés, ne doit s'infléchir d'aucun, et suivre sa course directe comme avant par CE et DF.

2. Le second cas a lieu quand le rayon se propage

entre les deux mêmes corps dans une direction oblique. Alors, celles des parties lumineuses dont la répercussion se fait dans le sens opposé à cette obliquité, étant transmises entre ces corps dans le plus grand nombre, font iussléchir tout le faisceau du rayon en ce sens; et l'inflexion qui en résulte est d'autant plus forte nécessairement, que le rayon est plus oblique sur le plan des deux corps, puisque en effet, à une obliquité plus considérable, ces mêmes parties, qui déterminent l'inflexion de la lumière, sont transmises relativement aux diverses autres dans un rapport beaucoup plus grand.

Que l'on conçoive, dans le précédent exemple, que le rayon AB (figure troisième) s'incline graduellement sur le plan des deux mêmes solides C et D, le côté A de ce rayon devenant plus oblique sur le milieu de la partie solide C, qui le répercute vers D, tandis que le côté B au contraire le devient moins sur le milieu de D, qui est opposé à C, de nouvelles parties devront être transmises au-delà du plan de CD par ce côté B du rayon, lorsque plusieurs de celles, au contraire, qui étaient transmises par le côté A, seront successivement réfléchies hors de ce même plan, à mesure que le rayon sera conçu s'incliner davantage sur CD; de sorte que la quantité des parties qui seront transmises par le côté B augmentant toujours, à proportion comme la quantité de celles qui le sont par l'autre côté A di-

minue, la répercussion des premières, qui se fait dans le sens opposé à l'incidence du rayon, doit déterminer par leur supériorité bien sensible l'inflexion lumineuse de ce même côté. Car aussitôt que le rayon est devenu sur CD assez oblique, la petite partie lumineuse, par exemple, qui du point C était transmise (à la figure seconde) selon le sens de *Cv*, quand l'incidence du rayon était perpendiculaire, ne pénètre plus dans l'intervalle des deux corps et se réfléchit maintenant au-dessus d'eux, et celle qui se répercutait dans leur intervalle vers le point *p*, est transmise ici beaucoup plus haut et proche de l'extrémité D de l'ouverture, comme on le voit indiqué à la figure qui est marquée de la lettre Y; et dans une obliquité du rayon plus considérable encore, telle que serait celle de la figure X, cette même partie se trouverait réfléchie hors de l'ouverture CD. Mais l'inverse a lieu au contraire sur l'autre côté du rayon, où de nouvelles parties *z* et *y* sont successivement transmises, lorsque les parties *v* et *p* se réfléchissent sur le côté opposé.

5. Enfin, troisièmement, si les ouvertures entre les deux corps solides sont plus étroites, le rayon à la même obliquité d'incidence devra être à proportion plus infléchi, puisqu'il est certain que les parties lumineuses qui traversent sans aucun choc quelconque entre les extrémités de ces corps, étant moins abondantes, auront moins de force aussi

pour contre-balancer l'impulsion de toutes celles qui, effleurant ces corps, dont le choc les détourne, sollicitent le rayon à s'infléchir; et l'intervalle de cette ouverture des deux corps pourra être même plus étroit dans une telle proportion, que le rayon à une obliquité moindre éprouvera une inflexion aussi forte qu'un rayon semblable, avec plus d'obliquité, entre des solides moins rapprochés l'un de l'autre. Car on peut concevoir que les solides C et D, à l'obliquité qu'a le rayon à la figure Y, soient assez resserrés dans un faible espace, pour que l'impulsion de celles des particules lumineuses infléchies en s'y répercutant, prévale avec une force suffisante sur les diverses autres parties qui passent entre les deux solides sans aucun choc, pour entraîner le rayon et le plier à une inflexion aussi grande, et même plus grande quelquefois, que celle qu'il devrait acquérir à l'obliquité de la figure X, où les solides C et D sont moins rapprochés mutuellement.

Scolie.

Si la physique ne nous fournit pas d'expériences bien précises ni assez délicates pour justifier exactement ces trois points, une seule remarque de Newton, sur le phénomène des couteaux entre lesquels passe dans un cabinet obscurci un très étroit rayon, sera sans doute suffisante pour les confirmer

du moins d'une manière générale. « Je conclus, dit-il à sa huitième observation, livre troisième de l'Optique, que les angles dont s'infléchissent les rayons s'augmentent beaucoup par le rapprochement mutuel des deux lames » : et il ajoute vaguement cette circonstance, « que le couteau qui est le plus proche d'un rayon détermine toujours le vrai sens en lequel ce rayon se doit infléchir de sa course » ; comme nous venons de faire voir dans le théorème, que l'inflexion totale doit porter tout le faisceau lumineux vers le corps C, qui par l'obliquité du rayon en est le plus proche, et où le renvoie naturellement la répercussion du corps D, qui lui est opposé directement. *Undè id colligo..... appropinquatione mutua cultrorum inter se, angulos in quibus radii ibi inflectuntur, multum augeri..... cultrumque qui sit propior alicui radio, eum quidem determinare quam in partem inflectendus sit iste radius, cultrum autem alterum ei inflexionem istam adaugere.*

Remarque. Dans cette analyse de l'inflexion lumineuse entre deux corps, nous avons dû nous représenter en général, sous la figure d'une sphère, les extrémités des solides où la répercussion de la lumière s'effectue. Car les parties dont se composent les corps étant de positions comme de figures fort variées, et qui d'ailleurs nous sont complètement

inconnues, il n'y avait que cette seule forme de la sphère, qui réunit dans son uniformité toutes les inclinaisons possibles des surfaces réfléchissantes qui peuvent recevoir sous toutes les incidences les subtiles parties de la lumière; et nous nous sommes d'ailleurs très positivement assurés que cette représentation figurative convenait bien, dans le général, aux phénomènes des transmissions lumineuses. Voir l'Art. 138^e de l'Analyse.

COROLLAIRE 1.

17. *Que la force dont le rayon est infléchi, par le choc de ses subtiles parties élançées sur les extrémités de deux corps entre lesquels il passe, agit suivant la perpendiculaire au plan de ces corps. — Corpora lumen refringere (seu inflectere) agendo in radios ejus in lineis ad superficies suas perpendiculis. NEWTON, Opt. lib. 1, pars 1, prop. 6.*

La répercussion des différentes parties lumineuses qui sont transmises par l'ouverture CD de deux corps solides (fig. 2 et 3), se faisant sur l'extrémité D dans toute l'étendue de l'angle CDF, et sur l'extrémité opposée dans celle de l'angle ECD, l'impulsion moyenne ou la tendance commune de toutes les parties qui sont transmises à chacun de ces deux points, se trouve marquée naturellement par le milieu de ces mêmes angles; et la force de cette impulsion, ou de cette tendance, agira dans la

direction des deux droites DG et CH , qui partage ces deux angles également.

Cela posé, je remarque d'abord que ces deux lignes sont perpendiculaires l'une à l'autre : et elles le doivent être, quelle que soit d'ailleurs l'obliquité de l'incidence du rayon sur le plan des extrémités infléchissantes C et D . Car, si l'on joint par une droite CD ces mêmes points (figure quatrième), il est visible, quand l'incidence du rayon est perpendiculaire, que les angles ECD et CDF étant droits, et les autres angles, HCD ou KCD et GDC ou KDC , qui sont chacun la moitié de l'un de ces angles droits, égaux ensemble à un angle droit, les lignes DG et CH formeront par leur intersection au point K un triangle rectangle CKD , dont l'angle droit sera compris entre ces deux mêmes lignes. Ce triangle est un triangle rectangle, puisque nous disons que la somme des deux angles KCD et KDC est égale à un angle droit, et que les trois angles de tout triangle sont égaux à deux droits. Et si l'on conçoit que le rayon $ABCD$ soit incliné plus ou moins sur le plan de CD , soit, par exemple, qu'il se dût transmettre, s'il ne s'infléchissait pas, suivant les lignes Ce et Df , comme ces deux lignes sont parallèles entre elles, l'angle aigu eCD , que forme la première sur le plan de CD , sera égal par construction à son semblable fDL ; et comme fDL joint à fDC , que forme la seconde de ces lignes sur le même plan, composent ensemble

deux angles droits, eCD , qui est égal à fDL , étant joint à fDC , devra composer également ces deux mêmes angles, et leurs deux moitiés hCD et gDC réunies équivaudront par conséquent à un angle droit: donc le troisième angle CkD du petit triangle CDk , dont ces deux moitiés d'angle droit font partie, est également lui-même un angle droit, et les deux lignes de la moyenne impulsion, Dg et Ch , qui le forment, se partageront l'une et l'autre, comme dans le premier cas, suivant ce même angle. Donc, à quelque obliquité que parvienne le rayon sur le plan de deux corps solides quelconques qui le rompent, les forces contraires dont l'impulsion le sollicitera de chacun des côtés à s'infléchir, devront agir réellement selon le sens des deux lignes DG et CH (fig. 2 et 3), perpendiculaires l'une à l'autre.

Je dis maintenant que la force totale dont le rayon sera poussé par la somme de ces deux mêmes forces DG et CH , agira dans le sens de la perpendiculaire au plan de CD . Car si ces deux forces sont égales, comme elles le seront (art. 16, n. 1) si l'incidence du rayon est perpendiculaire, la diagonale de leur carré (fig. 4 bis), qui représente, d'après les lois ordinaires du mouvement et les propositions de la géométrie mécanique (P. N. ch. 10), la force totale qui résulte de leurs impulsions réunies, sera de même perpendiculaire à CD . Et si elles sont iné-

gales, ainsi qu'elles le sont en effet à l'incidence de la lumière à la figure troisième, leur inégalité observant toujours l'exacte mesure de l'obliquité du rayon sur le plan de CD, comme il est démontré en le précédent théorème, et cette obliquité déterminant également celle de la direction commune où elles agissent, *Dg* et *Ch*, la diagonale *Ab* du parallélogramme de ces deux forces (fig. 4 bis), qui est leur somme totale, devra, par la conséquence de cette exacte proportion, demeurer perpendiculaire encore sur le plan de CD. Car si l'on prend *RL* (fig. 4), ouverture du plus grand angle LDR de l'obliquité du rayon, pour représenter celle de ces forces qui est la plus grande, *RI*, mesure correspondante du plus petit angle ICR opposé au premier, représentera de même la plus petite des deux forces; et ces deux droites *ri* et *lr* étant placées chacune dans leur situation respective à quelque endroit des deux lignes *Dg* et *Ch* directrices, ou sur deux lignes quelconques parallèles à celles-ci et qui les représentent, on trouvera que la diagonale *li* de leur parallélogramme (qui n'est autre chose que le diamètre du petit cercle particulier dont *DL* et *CI* sont les rayons), est en effet perpendiculaire à CD. Donc la force dont un faisceau quelconque de rayons est infléchi, dans son passage entre deux corps solides, agit toujours suivant la perpendiculaire au plan de ces corps.

COROLLAIRE II.

18. *Que la plus grande proximité des deux corps entre lesquels passe le rayon, peut compenser son obliquité moindre, et réciproquement; c'est-à-dire que deux corps plus rapprochés l'un de l'autre devront infléchir avec autant de force un rayon à une certaine obliquité, que deux corps qui le seraient moins l'infléchiraient à une obliquité plus grande, et vice versa.*

Pour déterminer avec précision la force totale dont le rayon AB (figure troisième) est infléchi entre les solides C et D, je remarque que les parties de ce rayon qui sont comprises entre A et B se propagent entre les deux solides sans aucun choc, tandis que celles qui se sont mues par aA sont répercutées sur le point C, et celles comprises par bB sur le point D; en observant qu'il en est plusieurs en outre de celles-ci, telles que celles particulièrement que nous avons désignées à la figure X par bc , qui sont réfléchies entièrement à ces deux extrémités a et b , et ne pénètrent point dans l'ouverture. Ainsi les trois puissances impulsives qui agissent sur le faisceau du rayon, à son passage entre les solides C et D, sont entre elles comparativement comme les grandeurs des trois lignes AB, aA et bB , dont la première représente la force qui tend à conserver le rayon dans sa direction primitive, et les deux autres, qui se compor-

tent entre elles, selon le précédent corollaire, dans le rapport des ouvertures des deux angles que forme sur le plan de CD le rayon incident, expriment au contraire les deux forces dont il est poussé suivant la perpendiculaire à ce plan, avec une puissance totale d'impulsion représentée par la diagonale du parallélogramme $aAbB$ dont ces forces opposées sont les côtés.

Si l'on prend donc (figure cinquième) les lignes AB et BC (Ab , bc) dans la proportion de ces forces (la ligne BC étant la somme des deux forces partielles aA et bB); et qu'on les place suivant leur direction respective sur le plan de CD , on reconnaitra que le rayon de lumière se doit infléchir vers la perpendiculaire à ce plan de toute la grandeur de l'angle BAC (bAc); et en supputant par l'échelle jointe à la figure le rapport des sinus, on aperçoit que cette inflexion est approchant celle qui se remarque dans les réfractions de l'eau. Si les deux solides C et D étaient plus rapprochés l'un de l'autre, l'espace AB (fig. 3), que remplit la lumière dont la transmission s'accomplit sans aucune inflexion, étant à proportion moins grand, la force dont cet espace AB est la mesure devrait être moindre; et le rayon s'infléchirait ainsi davantage vers la perpendiculaire par la seconde force, devenue en comparaison de celle-ci supérieure d'autant. Car si AB est plus faible, par exemple, d'une quantité quel-

conque EB (fig. 5), la seconde force BC demeurant la même, elle déterminera l'inflexion de tout le faisceau lumineux dans la direction de AR par un angle plus grand RAE; et cette inflexion sera très approchant, à notre calcul, dans le rapport de la réfraction connue du crystal. Cette même figure peut s'appliquer encore convenablement à la démonstration sensible du troisième fait qui sert de fondement au théorème principal (art. 16).

49. Mais pour en venir au cas particulier qui fait l'objet de ce corollaire second, d'une inflexion aussi grande à une obliquité moindre, et réciproquement, il est visible que, si les solides C et D à la figure Y sont assez rapprochés l'un de l'autre, pour que la force directe d'impulsion dont la puissance est opposée à l'inflexion du rayon, étant plus petite d'une quantité déterminée db , soit à l'autre force qui le fait infléchir, dans le même rapport précisément qu'observent entre elles les deux semblables forces AB et BC de la figure X, où l'obliquité du rayon est plus grande, l'inflexion totale, sans contredit, devra être la même absolument à toutes les deux figures; puisque l'angle dAv serait déterminé en ce cas par les deux mêmes lignes que le premier angle BAC, quoiqu'il ne lui soit pas égal en effet: et si au contraire les deux solides à la figure X, où le rayon est plus oblique, sont plus écartés mutuellement d'une quantité déterminée BD, qui soit telle, que

les forces sollicitantes du rayon se comportent entre elles respectivement dans la proportion exacte des deux forces Ab et bc , qui le font mouvoir à l'obliquité moindre de la figure Y, l'inflexion du rayon à cette figure X se devra aussi faire nécessairement par un angle semblable DAV , déterminé par d'équales lois que l'angle bAc de cette dernière figure. Et j'observe que si les solides C et D, aux deux figures, étaient exactement d'égale grandeur, on aurait alors les deux forces BC et cb de l'inflexion égales dans chacune, et la quantité BD ou db serait la mesure dont les autres forces AB et bA de l'impulsion directe du rayon différeraient entre elles : en effet, la force totale de l'inflexion, quelle que puisse être l'obliquité de l'incidence sur le plan de CD , sera toujours représentée par le diamètre il (fig. 4) du petit cercle des forces partielles infléchissantes qui la produisent (art. 17); car ce diamètre est la diagonale de leur parallélogramme; et il n'y aura jamais réellement que la seconde force impulsive qui devra varier.

On voit par-là que l'action absolue des deux solides C et D sur la lumière, peut devenir la même à des obliquités différentes, lorsque les ouvertures ou l'écartement de ces solides sont proportionnées à ces obliquités, ou à des ouvertures différentes, lorsque les obliquités réciproquement sont proportionnelles. Mais la quantité réelle de l'inflexion, comparativement à l'incidence, serait plus grande assurément

ment dans le premier cas, où le rayon moins oblique serait infléchi autant que l'autre rayon dont l'obliquité est plus forte, et moindre au contraire dans le second, où le rayon le plus oblique ne serait pas infléchi davantage que celui dont l'obliquité est la moindre : c'est ce que fait voir assez clairement l'échelle de la proportion des sinus, que la même figure nous présente. Donc enfin, l'obliquité d'incidence du rayon de la lumière et la grandeur des ouvertures entre lesquelles il se propage, peuvent être telles, que les parties solides dont ces ouvertures se composent, *agissent avec la même puissance sur la lumière par moins d'intervalle à une obliquité moindre, et par plus d'intervalle à une plus grande* : c'est ce qu'il importait ici de démontrer.

Scolie générale.

20. Si la réfraction n'est autre chose qu'une simple inflexion des rayons sur les parties tenues des corps diaphanes où leurs faisceaux se transmettent, comme nous avons pour objet de l'établir à la proposition qui va suivre, il semblerait facile de déterminer, d'après ce qui précède, en mesurant avec une exacte précision, sur une échelle assez vaste, les grandeurs respectives des trois forces motrices différentes AA , AB et Bb , qui sollicitent le rayon et l'infléchissent, et en les comparant exactement aux

diverses puissances réfractives qu'on a reconnues dans les différens milieux translucides, les grandeurs de leurs ouvertures véritables ou des intervalles vides que leurs parties réfringentes laissent entre elles. Un calcul approximatif, que nous sommes loin cependant de donner ici comme certain, nous a paru indiquer que ces petites parties réfringentes dans la liqueur de l'eau sont distantes les unes des autres d'environ trois de leurs diamètres respectifs, qu'elles le sont de deux dans le cristal, et d'un seulement de leurs diamètres ou un peu moins dans la substance du diamant : et, en général, les grandeurs des intervalles de ces parties dans les différentes substances, semblent être approximativement dans la proportion même des sinus d'où leur puissance réfractive se mesure par rapport à l'atmosphère de l'air (art. 5), ou dans quelque proportion du moins qui approche de celle-ci; de sorte que le sel gemme, par exemple, en lequel cette proportion, d'après les tables de Newton, est comme 17 à 11, sur dix-sept parties en contiendrait onze qui seraient vides et dégagées de toute matière réfringente, et ainsi des diverses autres substances translucides. On définirait ces rapports en établissant nos figures sur une échelle plus large et plus étendue que nous n'avons pu le faire dans ce Traité, et y appliquant l'exact compas d'une précision géométrique que nos loisirs ne nous

ont pas permis de leur donner; car les règles d'après lesquelles ces représentations sont construites, sont aussi sûres et aussi certaines que le peuvent être celles qu'on a employées jusqu'ici pour déterminer, dans la mécanique, les mouvemens composés des corps qui sont poussés par plusieurs forces de directions différentes, puisque ce sont en effet les mêmes lois que nous avons employées ici comme seuls moyens dans la démonstration entière du théorème.

★ ★ ★

Cette puissance de l'inflexion des corps, ou la somme totale des deux forces partielles aA et bB (fig. 3), qui sollicitent le rayon de chacun des côtés de l'ouverture réfringente où il traverse, et que nous avons fait voir se mesurer en toutes les circonstances des transmissions par le diamètre il (fig. 4) du petit cercle de ces mêmes forces (art. 17 et 19), semble, au reste, devoir toujours s'exprimer, dans les différens milieux, par la droite qui serait égale à la quatrième partie de la circonférence de l'une des particules infléchissantes de ces mêmes milieux, ou par l'hypothénuse du rectangle dont cette droite, partagée en deux, formerait les deux autres côtés. Car, lorsqu'un rayon (figure neuvième) se vient briser directement sur une sphère O

(qu'il faut ici considérer seulement comme un cercle, et non comme un solide, puisque l'inflexion ne se fait jamais qu'en un seul sens), la moitié des corpuscules de ce rayon qui tombent sur la demi-surface de la sphère qui se rencontre dans la direction de leur course, en sont répercutés nécessairement au-dessus du plan MN de son diamètre, et ne le dépassent point; et il ne peut jamais y avoir qu'une autre moitié de ces corpuscules lumineux, je veux dire ceux-là seulement qui se brisent sur la quatrième partie de la superficie entière de cette sphère, qui soient renvoyés dans leur choc au-delà de son globe, et qui traversent en effet le plan MN de son intersection égale. D'où il suit que, si les particules réfringentes étaient véritablement de la même grandeur dans les différens milieux, *toute la diversité de leur puissance d'inflexion ne dépendrait que de l'autre force AB de la motion directe des rayons*, c'est-à-dire qu'elle dépendrait de la distance mutuelle de ces particules.

DE LA RÉFRACTION.

21. Que la réfraction est une inflexion de la lumière. — 22. Qu'elle se fait sur chacune des petites parties réfringentes d'un milieu. — 23. Mouvement intérieur des rayons dans les divers milieux, et nature des corps transparents. — 24. Réfraction par l'un des mouvemens intérieurs de la lumière. — 25. Réfraction par le second mouvement. — 26. Réfraction entre deux surfaces parallèles. — 27. Réfraction à un milieu rare. — 28. Réfraction du prisme. — 29. Des vrais mouvemens intérieurs de la lumière. — 30. Des différens angles des mouvemens intérieurs. — 31. De la mesure de l'inflexion de la lumière dans sa transmission par ses divers mouvemens intérieurs; premier cas. — 32. De cette mesure dans le second cas. — 33. De l'inégale abondance de la transmission de la lumière dans ce même cas. — 34. De la puissance absolue de la réfraction. — 35. Théorie des verres grossissans. — 36. De la réfraction de l'atmosphère à ses différentes régions. — 37. Sentimens des philosophes sur la réfraction. — 38. Comment on explique la réfraction contraire de la seconde surface d'un milieu.

PROPOSITION II.

21. Que la réfraction est une inflexion de la lumière sur les parties intérieures des corps diaphanes qui la transmettent.

Car si la lumière s'infléchit entre deux corps solides très rapprochés, il n'y a évidemment aucune raison pour qu'elle ne se doive aussi infléchir, par les mêmes lois, entre les parties solides des milieux dans l'intérieur desquels elle se propage, puisqu'on se peut très bien représenter toujours ces parties,

ainsi que les moindres extrémités des deux corps où nous venons de voir que la lumière s'infléchit ; et nul motif ni subtilité si spécieuse qu'on puisse imaginer, ne saurait prouver en effet qu'elles en dussent différer le moins du monde, toutes les propriétés vraies ou fausses qu'on prétendrait subtilement appliquer aux unes, se pouvant aussi bien, et dans la même étendue, attribuer également à chacune des autres. Les faits réels que l'optique nous enseigne viennent confirmer d'ailleurs, autant qu'il est en eux, cette claire et raisonnable doctrine : puisque la réfraction se fait précisément suivant le rapport des obliquités de l'incidence que nous venons d'établir dans l'inflexion (art. 16, n. 2), qu'elle agit, de même que cette force, selon la perpendiculaire à la surface où elle s'exerce (art. 17), et avec une puissance comparative qui s'accroît de même en général, par le *cinquième* article, dans les corps dont les parties plus compactes sont par conséquent plus nombreuses ou plus rapprochées les unes des autres (art. 16, n. 3), et enfin que ces deux phénomènes naturels, l'inflexion et la réfraction des milieux, sont accompagnés l'un et l'autre, en certains cas, des mêmes apparences colorées (art. 9).

Mais si la lumière se comporte dans tous ses mouvements si rapides, comme un véritable corps qui serait lancé, ainsi que tous les faits ne me semblent pas permettre présentement d'en conserver quelque doute,

il est certainement inévitable qu'elle doit heurter dans sa course, aussi bien les parties solides des milieux en lesquelles elle se propage, quelles que soient d'ailleurs ces parties, et fussent-elles même celles de l'éther, que celles de toute autre substance, quelle qu'elle soit, qui la pourrait gêner dans sa motion progressive; et ainsi les répercussions très réelles de ses subtils rayons ne se doivent, ne se peuvent même point borner à la première surface seulement des nouveaux milieux où ils pénètrent; mais elles se doivent encore réitérer constamment à chacune des surfaces intérieures de ces mêmes milieux, sur lesquelles les rayons successivement se répercutent, comme sur autant de glaces qui les répètent. De ces chocs si divers et si multipliés il ne résulte pas cependant, comme il semblerait d'abord inévitable, une confusion sensible des images variées des objets que les corps diaphanes nous laissent voir, à cause sans doute que réunies dans un étroit faisceau par leur puissante attraction (art. 13), l'ordre des parcelles de la lumière ne saurait être jamais interverti dans leurs inflexions générales, où elles se ploient et s'infléchissent toutes comme d'un même mouvement par une semblable impulsion, quelques-unes seulement se trouvant peut-être détournées en un bien faible nombre de la commune course. Organisation admirable ! qui a doué ces petits corps d'une liaison

intime si parfaite, qu'elle soit capable de s'opposer à l'inévitable confusion, qui semblerait devoir résulter chaque fois dans leur masse de tant de chocs si différens, et à chaque moment répétés ! Art admirable enfin ! qu'au lieu que tous les corps sur la surface de la terre perdent en si peu d'instans leur motion, ceux-ci soient tels par leur subtilité, qu'ils la doivent malgré tant d'obstacles conserver encore si long-temps, sans diminution sensible de leur force !

22. Une observation que Newton nous fournit, dans la proposition huitième de la seconde partie de son premier livre, nous montrera, par l'expérience du prisme, que l'inflexion des rayons dans les milieux réfringens s'effectue véritablement à chacun des petits intervalles poreux que ces milieux renferment dans leur substance. On a vu déjà, par l'article *neuvième*, que de la différence de cette inflexion réfractive pour chacun des sept rayons primitifs, suivant les degrés divers de leur réfrangibilité, provient le phénomène de leur séparation qu'on a nommé la décomposition de la lumière. Newton éprouva que, quand le prisme qui décompose ainsi la lumière est assez large, et qu'elle le recouvre presque en entier, cette lumière transmise conserve sa blancheur dans le centre, par le mélange de tous les rayons qui se croisent jusqu'à un certain intervalle, de façon que les différentes bandes des cou-

leurs sur l'image solaire se trouvent disposées suivant cet ordre : le violet, l'indigo, le bleu, le verdâtre, le blanc, le jaunâtre, l'orangé et le rouge. L'analyse de cette remarquable expérience, fort bien développée par Newton, et dont la figure treizième, où les trois rayons principaux, qui sont le rouge, le violet et le jaune, se trouvent désignés chacun par leurs trois lettres initiales, peut donner ici une idée, nous fait voir que la décomposition de cette lumière s'accomplit, comme par autant de réfractions partielles, sur chacun des points de la surface réfringente du prisme, et qu'il sort réellement de chacun de ces points des rayons de toutes les couleurs, qui, par la diversité de leurs inclinaisons, se croisant au milieu du faisceau, doivent y figurer par leur confusion, jusqu'à leur parfait dégagement, l'apparence de cette lumière blanche, et celle des diverses autres lumières intermédiaires entre celle-ci et la verte et la jaune : c'est-à-dire que la masse de cette lumière transmise est en effet un grand faisceau de petits filets distincts décomposés, ou qui auraient été soumis chacun en particulier à la décomposition d'autant de prismes.

Ainsi, pour résumer le théorème, chacun des intervalles des *parties réfringentes* de tout milieu, c'est-à-dire des parties, quelles qu'elles soient, qui, contenues dans ce milieu, sont capables d'y faire propager la lumière, paraît se devoir considérer en

général ainsi qu'un prisme distinct et véritable , qui fait subir à la lumière une réfraction , et l'infléchit, de même que les couteaux (proposition première), par le choc impulsif de ses bords; et chacune de ces parties elles-mêmes, les parties, dis-je, qui propagent dans tout milieu quelconque la lumière, qu'elles soient celles mêmes qui constituent la propre matière visible de ce milieu, ou que ce soient de plus subtiles parties que cette matière peut renfermer dans ses pores, est dans la réalité un véritable corps répulsif, qui renvoie la lumière et la répercute, si cette lumière ne perd pas dans son choc toute sa motion, comme la répercutent tous les corps et les faibles parties d'un cheveu. Et de là il suit que la lumière ne se propage point dans les milieux où elle passe par des lignes droites, mais par une suite de petites lignes brisées, comme est la marche de la foudre, qui se meut en zigzag; et que ce n'est vraiment que par un effet simple d'optique, que l'on peut comparer approchant à celui des glaces, que nous voyons les objets directement à travers le cristal et les vitres, puisque ces verres ne transmettent point les rayons en des lignes droites, dans la direction où ils nous font apercevoir ces objets. Les conséquences remarquables de ce second théorème seront développées succinctement dans les corollaires qui vont suivre.

COROLLAIRE 1.

23. *Que les petits mouvemens intérieurs des parties lumineuses sont égaux dans le même milieu, et alternativement parallèles; et que les angles de leurs impulsions alternatives sont égaux.*

Soit A une partie quelconque lumineuse (figure sixième), qui par sa rencontre au point C sur l'une des surfaces intérieures ou entre les parties réfringentes d'un milieu, a été infléchié ou répercutée par CB; il est manifeste, quelle que puisse être la nature de ce corps dont la résistance l'a détournée par CB, que si cette partie lumineuse venait dans les mêmes circonstances de B sur C, elle en serait renvoyée dans la même direction CA, d'où elle arrive dans le cas posé pour exemple : donc, si elle rencontre au point B une résistance semblable, c'est-à-dire, si ce point B est une surface intérieure de même nature et d'inclinaison égale relativement à CB, qu'est le point C relativement à cette même ligne (comme il arrivera nécessairement si les deux surfaces C et B sont des parties intégrantes du même milieu, parce qu'alors leur homogénéité sera parfaite), ces deux surfaces étant ainsi conçues l'une à l'autre respectivement parallèles, comme le rayon CB se trouvera, par ce fait du parallélisme de leurs plans, dans la même position respective pour toutes

les deux, ainsi, puisque venant de B au point C il serait détourné par CA avec un angle BCA, selon qu'il vient d'être dit, au point B, où il éprouve la même résistance, où toutes les circonstances sont pareilles, il doit se détourner vers D par l'angle CBD égal à BCA; et si ce point D est dans le même milieu que B et C, tout milieu étant nécessairement uniforme et semblable à lui-même, B devra être distant également de C et de D, et le chemin parcouru BD sera égal à CB. Car si B n'était pas en effet à égale distance de C et de D, le milieu ne serait donc point uniforme et semblable, ses forces de résistance seraient inégales, et par suite sa puissance de réfraction inégale, la réfraction, d'après le *cinquième* article, étant proportionnelle à très peu près à la résistance des corps; ainsi il ne formerait point un seul milieu, mais il renfermerait véritablement plusieurs milieux distincts bien caractérisés, ayant chacun leur puissance réfractive particulière. Donc, si les trois points B, C, D, sont trois parties réfringentes du même milieu, elles devront être à des égales distances les unes des autres, et BC sera égal à BD. De plus, puisque les angles BCA et CBD, qui sont alternes sur la même ligne, sont égaux, les lignes BD et CA, entre lesquelles ils sont compris, doivent être parallèles entre elles. On montrerait de même que le troisième mouvement DE, qui se ferait dans le même milieu que les précé-

dens, serait parallèle à BC. Donc, les petits mouvemens intérieurs des parties lumineuses dans le même milieu *se font par des angles égaux, et ils sont égaux et alternativement parallèles.*

Cette vérité se démontrerait encore en faisant voir, que si les mouvemens intérieurs de la lumière ne se faisaient point avec cette égalité parfaite dans sa propagation au même milieu, la ligne *tv* de sa direction générale ne pourrait être droite, et que la lumière dans cette hypothèse se devrait mouvoir par des lignes courbes dans le même milieu réfringent; et pour qu'elle s'y meuve suivant des lignes droites, comme il est de fait qu'elle s'y meut, il faut bien véritablement que la succession de ses impulsions alternatives y soit parfaitement égale.

Scolie. Une observation générale qui se peut déduire immédiatement de la nature des réfractions lumineuses, c'est que les corps solides transparents, dont la puissance réfractive est uniforme dans toute l'épaisseur de leur masse, sont des corps parfaitement égaux et homogènes : c'est-à-dire que les parties intégrantes de ces corps, de même que celles des liqueurs, retiennent toutes uniformément la même densité effective, puisqu'on éprouve qu'elles ont toutes en effet la même force réelle de résistance; ce qui justifie la commune opinion que ces corps, avant leur état de cristallisation, ont dû être d'abord liquéfiés.

COROLLAIRE II.

24. *Qu'en même temps que les parties lumineuses réfractées se rapprochent de la perpendiculaire au plan qui les réfracte, elles conserveraient encore, par celui de leurs mouvemens alternés qui les transmet, la même direction qu'elles avaient avant leur réfraction.*

Réfraction par le mouvement alterne le plus oblique. Qu'une partie A quelconque de la lumière, qui s'est mue par les mouvemens successifs CB, BD et DE, entrant au point F (figure sixième) dans un milieu différent dont la superficie est inclinée à la direction totale du rayon, en soit infléchie à ce point F, par suite de la nature différente de ce milieu, et d'après les lois exposées à la proposition première de l'analyse, avec un angle quelconque, déterminé par ces mêmes lois, et qui ne soit plus le même que les angles égaux successifs BDE et DEF de son mouvement dans le premier milieu; soit, par exemple, avec l'angle EFG plus petit que DEF d'un angle indéterminé GFX : lorsque cette partie arrivera sur une seconde surface G de ce même milieu, d'égale nature et de résistance égale, selon le corollaire précédent, à celles de la première surface F, elle devra en être renvoyée avec un même angle FGH égal à EFG. Car, en renversant la figure, si cette

même partie venait de G en F , il est clair qu'elle retournerait dans l'autre milieu, par l'angle GFE , comme elle en est venue par ce même angle dans son passage de E vers F , puisque l'incidence et toutes les autres circonstances sont pareilles, et que la partie qui répercute est toujours F : donc, comme les deux surfaces F et G sont tout-à-fait semblables en tous leurs points, le rayon FG se trouvant par-là dans la même position respective à l'égard de l'une comme de l'autre, il doit être renvoyé sur G , comme nous venons de voir qu'il le serait sur F s'il venait de G vers ce point, c'est-à-dire qu'il s'y doit détourner par un angle FGH égal à EFG ; et la direction totale du rayon sera infléchie vers la perpendiculaire à la surface suivant la ligne vy . Or ces deux angles FGH et EFG , opposés ou alternes sur la même ligne, étant égaux, GH conséquemment sera parallèle à EF , et par suite à tous les autres mouvemens, BD et AC , qui, dans le premier milieu, sont les correspondans de celui-ci. On prouverait, par un raisonnement semblable et par le premier corollaire, que l'angle de la répercussion de la lumière ou de ses impulsions alternatives doit être le même sur toutes les autres parties de ce même milieu, et que les chemins parcourus ou les mouvemens FG et GH sont pareillement les mêmes. Mais la grandeur de ces mouvemens est nécessairement différente dans les différens milieux, suivant les dis-

tauces diverses de leurs petites parties infléchissantes ou répercutives.

25. *Réfraction par le mouvement le moins oblique.*

Si la partie A était transmise dans le même milieu par son autre mouvement DE, qui est le moins oblique à la surface, elle serait détournée, au contraire de ce qui arrive dans sa transmission par le mouvement EF, avec un angle plus grand DEF d'une quantité *fEx* égale à GFX; et elle conserverait sa direction première dans ses alternatives par ceux de ses mouvemens successifs *fg*, *hi*, qui sont correspondans de ce même mouvement DE par lequel elle aurait été transmise, tandis que sa direction totale, qui la rapproche de la perpendiculaire, serait d'ailleurs changée suivant la même ligne *vy*, que dans le premier cas, où elle est transmise par son mouvement EF le plus oblique.

La cause de cette diversité de l'angle des inflexions dans les deux cas, se trouve dans la nature même des principes d'où l'inflexion réfractante tire son origine. Car, si l'on conçoit qu'un rayon de lumière AB, dont la direction est AF (figure septième), soit réfracté par l'ouverture CD d'un milieu dense quelconque où il pénètre, dans la direction de FH, selon la proportion des forces directrices différentes qui agissent sur lui à l'ouverture de ce milieu, comme il est expliqué à la proposition première, il est manifeste que les corpuscules divers qui composent ce

rayon, devront éprouver dans leurs petits mouvemens intérieurs une inflexion proportionnelle; de telle sorte que les parties qui, telles que A, seraient portées dans le nouveau milieu par le mouvement alterne EF, suivant le sens de l'obliquité du rayon, y devraient être détournées de la ligne FG de leur mouvement primitif par un angle plus petit *EFg*, tandis que celles qui, ainsi que B, y parviendraient inversement de celles-ci dans l'alternative de leur second mouvement, se devraient évidemment infléchir, à l'opposé des premières, par un angle plus grand *def* que l'angle *def* de leur primitive inflexion : et ce serait l'inverse qui arriverait pour chacune, si au lieu que la réfraction fût plus forte dans le nouveau milieu, et que le rayon réfracté s'y rapprochât davantage de la perpendiculaire, elle était au contraire plus faible, et que le rayon en s'infléchissant s'écartât de cette ligne.

26. *Réfraction rétablie entre surfaces parallèles.* Ainsi, en résumé, l'inflexion première selon laquelle le rayon se rapproche ou s'écarte davantage de la perpendiculaire à la surface réfringente, suivant la diversité de la force de la résistance du milieu, par le premier effet de sa répercussion sur les parties intérieures de ce milieu, n'est accrue ni diminuée par aucune des impulsions égales ou des répercussions alternatives qui la peuvent suivre; et le rayon semble en outre devoir encore conserver la direc-

tion primitive qu'il avait dans le milieu dont il sort, par ceux de ses mouvemens successifs en lesquels il a été transmis hors de ce même milieu.

L'effet de cette inflexion première qui a fait dévier le rayon de sa tendance primitive, ne peut donc être rétabli autrement que par la puissance d'une impulsion égale et inversement dirigée qui la balance. Et en effet, si cette même partie lumineuse A (figure sixième) arrivait au point K sur une surface inflechissante de même nature qu'en son premier milieu, et qui fût parallèle aux correspondantes surfaces E et B qui la transmettaient avant sa réfraction, il s'ensuit de ce qui vient d'être démontré, qu'elle y devrait arriver dans la même direction qu'elle avait sur ces primitives surfaces E et B, c'est-à-dire dans cette direction même où elle était lorsqu'elle fut transmise hors de ce milieu, puisque IK est parallèle à EF : l'incidence et toutes les autres circonstances étant donc semblables, il est évident qu'elle doit éprouver à ce point K le même effet d'impulsion qu'elle aurait dû subir sur l'autre point F, si elle ne fût jamais sortie de son précédent milieu, et s'y inflechissant par un angle IKL égal à DEF, et un mouvement KL égal à DE, reprendre ainsi naturellement la tendance première de sa primitive course, s'éloignant alors de la perpendiculaire à la surface réfractante autant que, dans son trajet par le milieu intermédiaire, elle s'en était d'abord rapprochée.

27. Réfraction d'un milieu dense à un plus rare.

La réfraction de la lumière dans sa propagation d'un milieu dense à un milieu plus rare, ne présente pas des difficultés que cette démonstration toute simple ne puisse aisément éclaircir. Car nous ne devons point envisager ce phénomène sous la première idée qu'il semble offrir, que les rayons s'écartent réellement dans leur réfraction de la perpendiculaire à la surface; mais il faut seulement considérer qu'ils s'en rapprochent moins que dans le milieu d'où ils sortent, comme si la lumière primitivement venait de quelque autre milieu, comme par exemple le fluide éthéré, dont la puissance réfractive fût moindre encore que n'est celle de l'air, et respectivement à laquelle, par conséquent, le rayon se rapprochât en effet de la perpendiculaire dans son passage par notre atmosphère terrestre; et l'observation astronomique confirme la certitude de cette doctrine.

28. Réfraction du prisme. Ces explications, je présume, feront connaître assez toute la théorie des réfractions, pour qu'il soit maintenant superflu de rentrer de nouveau dans les mêmes détails, pour expliquer, par chacun des deux mouvements alternatifs, comment le rayon AB, en traversant le prisme TRS (figure huitième), est réfracté suivant les lois ordinaires de la proportion des sinus, par BC sur la première surface RS, et CH sur la seconde; et il suffira sans doute d'en donner ici le dessin, en prenant, d'a-

près les principes précédemment exposés, tous les angles des impulsions ou des répercussions successives égaux dans le même milieu, $ADE = DEF$, $EFO = FOM = OMN$, et $MNP = NPQ$; d'où l'on conclut que OM est parallèle à EF , et PQ à MN . Il est seulement à observer que les parties de ce rayon qui seraient transmises hors du prisme par le même de leurs mouvemens alternes qui les y aurait fait entrer, ne conserveraient, après leur émergence, aucun de leurs petits mouvemens intérieurs parallèles aux mouvemens correspondans qu'ils avaient avant de pénétrer dans le prisme. Car le parallélisme n'existe, selon les théories précédentes (art. 24), que dans les seuls mouvemens des petites parties lumineuses qui sont correspondans à celui par lequel ces parties ont été transmises dans le milieu; et comme ces subtils mouvemens de la lumière se font naturellement à l'inverse sur les deux surfaces opposées du même prisme, par la raison que l'inclinaison du rayon ou son incidence est précisément contraire sur chacune, si l'on suppose que les parties lumineuses dont nous parlons soient transmises sur les deux surfaces par l'alternative de leur mouvement intérieur le plus oblique, en le sens duquel la réfraction s'accomplit, MN qui les transmettra alors sur la seconde, n'est point parallèle à EF , qui les aura transmises sur la première: donc tous les mouvemens subséquens NP et PQ , que contracteront

ces mêmes parties après leur émergence hors du prisme, ne retenant plus dans leurs alternatives motrices que la direction spéciale de ce seul mouvement MN de leur transmission, qui ne se fait selon le sens d'aucun des primitifs mouvemens du rayon avant la réfraction prismatique qui le détourne, ne pourront non plus conserver sans contredit aucun parallélisme avec ces mêmes mouvemens; et pour qu'il se maintint réciproquement un tel parallélisme entre eux, il faudrait que le mouvement mN qui transmet ces parties hors du prisme, fût le correspondant d'un autre mouvement de , inverse de EF , qui les y aurait introduites, ce qui est opposé tout-à-fait à la supposition, puisque de , moins oblique à la surface du prisme qui le réfracte, est le mouvement contraire de mN ou NM , qui est le plus oblique à l'autre surface. C'est-à-dire que si la lumière est transmise dans un milieu quelconque, ou uniquement par l'un de ses mouvemens, ou plus abondamment du moins par l'un de ceux-ci que par l'autre, elle ne conserverait, après la réfraction du prisme, aucun de ses petits mouvemens intérieurs parallèles aux correspondans qu'elle avait avant sa réfraction.

Enfin si un second prisme trs , placé inversement du premier, reçoit par des surfaces réfringentes ts et sr , parallèles aux surfaces semblables de celui-ci, la lumière que ce premier prisme a réfractée, il lui

fera subir une réfraction contraire, et la rétablira ainsi dans sa primitive direction : c'est-à-dire qu'il la devra infléchir dans le sens de *ba*, qui est parallèle à *AB*, de même à peu près que nous avons vu, dans les démonstrations qui précèdent, que les impulsions successives et intérieures, ou les répercussions d'un même milieu, font détourner alternativement les petites parties du rayon par des chemins égaux et successivement parallèles.

Scolie.

29. A l'effet de spécifier dans l'analyse d'une manière moins vague la nature des mouvemens alternatifs de la lumière dans les milieux diaphanes qui la transmettent, et établir entre eux une proportion qui soit en quelque sorte ou qui puisse être regardée comme positive, et dont la détermination assez fixe était nécessaire pour les démonstrations subséquentes auxquelles cette proportion sert de base, nous avons dû ici considérer, par une vue générale, dans ce corollaire, les petits mouvemens intérieurs, comme les résultats véritables de réfractions partielles successives qui se feraient, comme sur autant de prismes, sur les petites surfaces réfringentes que ces milieux contiennent. Mais si, au lieu que tout le faisceau du rayon se rompt alternativement et en masse sur chacune

des surfaces intérieures du milieu, comme il s'est rompu en se réfractant sur la première, chacun des corpuscules lumineux isolément se heurtait sur les parties isolées de ces surfaces, ainsi que la considération des alternatives des différens rayons homogènes, que nous verrons se répercuter chacun intérieurement à des distances respectives très inégales, doit nous porter à le croire, bien que même en ce cas les petits mouvemens successifs de la lumière devraient encore se conserver uniformes et égaux entre eux au même milieu, puisque toutes choses demeurant les mêmes pour tous, il ne peut y avoir aucune raison pour que quelqu'un d'eux dût différer en effet en quoi que ce soit d'aucun des autres, si ce principe constant de leur égalité parfaite, que le premier corollaire établit, doit ainsi demeurer bien sûrement toujours stable et certain, en quelque manière que leur succession d'ailleurs se puisse faire, la correspondance intime et réciproque que ce corollaire second aurait pour objet d'établir en de certains cas entre ces mêmes mouvemens d'un milieu à un autre (art. 26), ne paraît pas être dans cette hypothèse d'une certitude aussi sûre ni aussi constante, puisque les bases sur lesquelles en repose toute la démonstration effective seraient ainsi reconnues fausses et illusoires dans leur principe essentiel. En ce sens, en effet, de la répercussion simple de chaque rayon sur chaque partie isolée du corps diaphane, cette

démonstration, qui suppose (art. 24) que chacune des surfaces intérieures de tout milieu fait supporter à la lumière la même action, que sa première surface même qui l'infléchit, ne saurait plus sans doute exister; car il est clair que le principe qui ferait alors détourner par une succession de mouvemens alternes, effets d'une répercussion pure et simple et d'un choc unique, les petits rayons rompus de la lumière, serait très différent de l'essentiel principe de l'inflexion, qui est le résultat, par la définition de l'article *quinzième*, d'une multitude de répercussions inégales qui se confondent toutes dans une impulsion commune: et ce ne pourrait être, dans cette théorie, que par une impropriété manifeste dans l'acception des termes, que l'on appliquerait à cette succession de mouvemens la dénomination générale d'*inflexions* de la lumière; car ce ne serait alors au réel que de très simples et très ordinaires répercussions.

Si donc la démonstration principale est fautive dans son fondement, il est sans doute qu'on ne saurait affirmer que la conséquence en soit sûre et certainement incontestable; et si le principe de ces mouvemens intérieurs est différent de ce qu'il a été supposé dans l'analyse, il n'y a donc plus de certitude à maintenir que le résultat en doive positivement demeurer le même. Cependant, quand ces mouvemens ne seraient au réel que les effets

d'une répercussion simple et ordinaire, comme l'angle selon lequel se répercute un corps sur toute surface quelconque, dépend nécessairement dans son principe de la diversité de l'inclinaison suivant laquelle ce corps arrive sur la surface, il serait encore vrai de maintenir et raisonnable d'enseigner, que la diversité de ces petits mouvemens intérieurs devra dépendre, par une intime liaison, de la diversité des inflexions de la lumière dans ses transmissions dans les milieux. On les peut donc toujours, si ce n'est pas avec une exactitude positive, du moins très approximativement, évaluer en quelque sorte par les mêmes principes, quoique supposés, d'une succession de réfractions réelles intérieures, que nous avons dû employer dans ce corollaire pour les définir avec un certain degré de précision qui exclue de l'analyse le vague et l'indéterminé.

Concluons donc au total, que le précédent corollaire est certain, mais que celui-ci, à ces causes, *ne se doit point affirmer dans un degré positif de certitude*, ainsi que les divers autres théorèmes auxquels il pourrait lui-même servir de base; mais qu'il paraît néanmoins se rapprocher beaucoup de la vérité, s'il n'est pas cette vérité elle-même, comme la conformité de plusieurs faits reconnus dans les expériences de Newton, et en particulier dans les septième et dix-neuvième observations de

son second livre, nous porterait puissamment à le croire. C'est ainsi que la réalité du principe que le corollaire suivant nous propose, conséquence de ce présent théorème, semble être attestée et établie, en grande partie du moins, par ces mêmes observations de Newton.

COROLLAIRE III.

30. Que s'il y a dans les impulsions intérieures de la lumière, un rapport ou une connexion intime et mutuelle avec l'inflexion que cette lumière a subie en se réfractant à la première surface d'un milieu (art. 29), *les angles des mouvemens successifs de chacun des rayons réfractés devront devenir plus petits graduellement ou plus rapprochés les uns des autres, toutes choses égales, à proportion comme la réfraction est plus forte, lorsque ces rayons seront transmis par celui de leurs mouvemens EF (fig. 6) qui se fait suivant le sens de l'inclinaison de la lumière à la surface; et qu'ils deviendront plus grands au contraire, lorsqu'ils le seront par le mouvement opposé DE.*

Cela se déduit immédiatement des deux premiers articles du précédent corollaire; et l'on voit en effet (figure septième) que si l'inflexion du rayon AB devient plus grande, par exemple, d'un angle HFX quelconque, le mouvement *Fg* de la partie lumineuse A se trouvera nécessairement porté plus haut par un angle proportionnel *EFz*, plus petit que *EFg*,

et l'autre mouvement au contraire de la partie B porté plus bas par l'angle *dey*, plus grand que *dex*.

Scolie. Cette proportion que nous assignons dans les angles des deux mouvemens alternes de la lumière réfractée, doit être invariable et certaine, au moins dans le cas établi par l'énoncé du corollaire; car on ne saurait supposer aucune raison, soit d'attraction générale ou particulière, soit d'impulsion directrice, qui pût valoir pour détourner l'un des mouvemens de la direction que la nature de la réfraction lui assigne et que la figure représente, sans qu'elle ne puisse valoir également et dans la même proportion pour faire dévier aussi l'autre de sa primitive route; et ainsi le rapport des angles divers de leur impulsion doit être constamment le même, ou du moins, puisqu'il est impossible de tout compter, à très peu près. J'observe qu'ici, comme dans le précédent corollaire, je ne considère qu'isolément chacune des petites parties du rayon, comme s'il se transmettait en effet par l'un seulement de ses mouvemens alternatifs; et je ne prétends point affirmer qu'une lumière abondante et réunie en faisceau dont les diverses parties seraient transmises par différentes alternatives de leur motion, les unes se réfractant à la surface par leur mouvement le plus oblique, et les autres par leur mouvement contraire, devrait avoir en elle, après la réfraction, ces deux sortes

de mouvement d'un plus grand angle et d'un plus petit; mais il se peut très certainement qu'il résultât de ces deux motions différentes un seul mouvement mixte commun à toutes les parties qui seraient ainsi transmises dans cette lumière.

COROLLAIRE IV.

31. *Que, quelles que soient les alternatives des mouvemens rompus de la lumière et leurs respectives grandeurs (art. 30), si les rayons sont transmis indistinctement et de la même sorte par leurs alternatives diverses, la force dont le rayon total doit être infléchi par la résistance des parties réfringentes d'un milieu quelconque, sera toujours à très peu près dans le rapport des impulsions motrices déterminées à la proposition première.*

Malgré que, par une conséquence des petits mouvemens alternatifs que nous venons de reconnaître dans la lumière, un rayon AB (figure neuvième), qui pénètre dans l'ouverture CD d'un milieu réfringent quelconque, puisse être conçu se composer et doit se composer réellement de plusieurs parties, dont les unes à leur approche de CD se rencontrent dans la direction *gf* de l'un de leurs mouvemens alternes, et les autres dans la direction *de* de leur contraire alternative; cependant la force totale dont ce rayon se trouvera infléchi par l'action répulsive des extrémités C et D de l'ouverture réfringente, ne se doit mesurer dans

toutes les circonstances, ainsi que cette force est définie à la proposition première, que par la ligne IK de sa direction générale, qui, partageant en deux parties également l'angle de l'intersection des deux lignes gf et de des directions particulières des deux mouvemens, est proportionnelle constamment entre l'une et l'autre. Car d'abord, quand l'incidence du rayon est perpendiculaire, il est manifeste que l'action que supportent alors dans chacun de leurs alternes mouvemens ses diverses parties, est partout la même et d'égale force, puisque leur incidence étant la même dans chacun aussi de ces mouvemens, il n'y a certainement nulle raison pour qu'il puisse exister entre elles quelque différence sensible d'action.

Et lorsque le rayon devient oblique à la surface réfringente, l'inclinaison relative des deux mouvemens alternes étant nécessairement en rapport avec cette obliquité de l'incidence, la force moyenne de leur inflexion commune se doit encore mesurer par la ligne ik de leur commune direction, qui, proportionnelle entre les deux, divise toujours en deux portions égales l'angle de leur intersection. Les parties en effet qui sont réfractées dans chacun de ces alternes mouvemens, doivent être considérées comme composant réellement deux faisceaux distincts de rayons, également distans de la ligne droite ik , et dont le milieu est marqué par les deux lignes Gk et

kH (fig. 9 *bis*), lesquels forment avec ik deux angles égaux ikH et Gki . Or, celles des parties lumineuses de chacun de ces faisceaux séparés qui seraient renvoyées, par leur répercussion sur les solides C et D, au-delà de l'ouverture CD de ces corps, sont constamment dans chacun d'eux en une quantité très égale ; puisque, si l'on conçoit qu'un faisceau de rayons se vienne briser sur un corps sphérique O, par lequel nous représentons en général, suivant la remarque de la proposition première, article *seizième*, l'une des particules réfringentes qui reçoivent et infléchissent la lumière, il est bien sûr que les parties du rayon que répercutera cette sphère au-delà du plan de la ligne MN ou nm qui la partage dans son centre, seront toujours, à quelque inclinaison que soit cette ligne relativement au faisceau, dans la même quantité effective, qui est exprimée par les deux angles $MOE + FON$ ou $nOF + EOm$, équivalens à deux droits ; car ce qui de l'un des côtés est transmis de moins, l'est de plus de l'autre. Ainsi ces deux faisceaux partiels Gk et kH , qui se transmettent chacun en quantité bien égale et sont distans également l'un et l'autre de la ligne droite ik , qui tient précisément le milieu de leur intervalle réciproque, ne peuvent agir par leur puissance réunie, que comme agirait un seul faisceau dont la direction unique serait ik ; ce qui est le principe qu'établit l'énoncé général du corollaire.

COROLLAIRE V.

32. *Que si la lumière est transmise spécialement de l'un des côtés C d'une ouverture réfringente par l'un de ses mouvemens, et du côté opposé D par le mouvement contraire (fig. 9), la force totale de son inflexion sur la surface réfringente, quelle que puisse être l'inégalité sensible de sa transmission par chacun de ces deux mouvemens alternes, sera toujours exactement dans le rapport constant des impulsions motrices qui est déterminé à la proposition première : c'est-à-dire qu'elle se devra mesurer constamment, selon la proportion ordinaire des sinus, par l'inclinaison de la direction générale du rayon sur la surface plane qui la réfracte.*

Que la transmission d'un rayon AB (fig. 9 bis) dans l'ouverture réfringente CD, se fasse, je suppose, sur le côté C de cette ouverture par celle des alternatives de son mouvement dont la direction est kH , et sur l'autre côté D par l'alternative du mouvement inverse qui est dirigé selon Gk , je dis que la force totale inflechissante qui résultera des inflexions réunies de ces deux transmissions différentes, sera exactement la même qu'elle devrait être si ce rayon AB n'était transmis de l'un et de l'autre côté de la même ouverture que dans une seule direction ik , qui est sa tendance générale et la mesure naturelle de son incidence sur le plan de CD. Car, en effet, si la puissance de l'inflexion de Hk est plus forte sur C,

par le second point de la proposition première, que ne serait celle de ik , dont l'obliquité est inverse, il est sensible également, par cette même loi et par le précédent corollaire, que celle de Gk , qui est plus oblique que ki , sera aussi plus forte sur le côté D suivant la même proportion; et l'inflexion totale par conséquent, qui résulte de ces deux excédans de puissance mutuellement balancés, doit demeurer la même évidemment que l'inflexion moyenne que ik détermine. On démontrerait d'une semblable manière, que si la transmission sur D se faisait, au contraire de la supposition précédente, par kH , et qu'elle se fit sur C par Gk , les deux inflexions partielles sur l'un et l'autre côté seraient respectivement plus faibles dans la même proportion, que n'eussent été sur les mêmes points celles de leur direction moyenne ik ; et l'inflexion totale, comme précédemment, demeurerait ainsi toujours la même.

33. Il est d'ailleurs manifeste, par le second point de la proposition première déjà citée, que les parties qui seraient transmises dans les deux cas par le côté D de l'ouverture, qui est opposé directement à l'incidence oblique du rayon, le seraient en plus considérable quantité proportionnellement, suivant la grandeur respective de cette obliquité, que les autres parties qui se transmettraient par l'autre côté C, qui est opposé à celui-ci. Mais il con-

vient en outre d'observer que dans le premier cas, où ces parties les plus abondamment transmises étant celles dont la direction incidente est la plus oblique à la surface, les inflexions partielles sont plus fortes, *la transmission totale de la lumière serait aussi plus grande sensiblement qu'elle ne devrait l'être*, si les rayons n'étaient transmis par cette surface que dans une seule direction, qui fût celle de leur tendance générale *ik*; et qu'elle deviendrait moindre au contraire que par cette même direction, si les parties transmises en la plus considérable abondance, étaient celles dont l'incidence à la surface est la moins oblique, et que les inflexions partielles conséquemment fussent plus faibles; ce qui se démontre toujours par la règle constante du second point de la proposition première, article seizième.

COROLLAIRE VI.

54. *Que la puissance absolue de la réfraction, ou les forces effectives qui infléchissent la lumière, s'accroissent dans les mêmes milieux en la même proportion que s'augmente l'obliquité de l'incidence du rayon.*

Cela se démontre par le corollaire second de la proposition première, dix-neuvième article, où l'on voit que les forces absolues qui infléchissent le rayon à l'obliquité *SAN* (fig. 5, X), avec une pro-

portion des sinus (art. 5) que détermine l'angle BAC de l'échelle des inflexions, sont aussi grandes que celles qui l'infléchiraient à l'obliquité moindre nAS (fig. Y), avec une proportion plus forte des sinus déterminée par l'angle BAv de la même échelle : donc la puissance de la réfraction est réellement plus forte à la première obliquité, qu'elle ne serait avec le même rapport des sinus indiqué par par l'angle BAC à la seconde, qui est une obliquité moindre, selon la proportion même qui se déduit des grandeurs relatives de ces deux angles BAC et BAv ; et à une obliquité quelconque y , proportionnelle entre les deux incidences du rayon AN et nA , la force absolue de la réfraction serait aussi proportionnelle entre les réfractions de ces deux incidences. Donc *la puissance absolue de la réfraction s'accroît dans les mêmes milieux, à proportion comme augmente l'obliquité de l'incidence du rayon.*

Je ne sache pas que personne encore ait envisagé la réfraction sous ce nouveau point de vue, d'où se vient offrir cette question : Définir à quelle obliquité du rayon l'eau réfracterait la lumière avec une puissance absolue égale à celle du verre, à une obliquité donnée. La figure cinquième nous présente approximativement ce rapport dans les deux angles BAC et BAv de l'échelle des inflexions, d'après la proportion des sinus que l'on a reconnue dans ces substances; et en supposant que le rapport de ces

angles, qui est trop faible quelque peu, fût exact, on trouverait qu'un rayon, se propageant vers la surface de l'eau dans une obliquité telle, que SAN (fig. X) serait réfracté dans ce liquide suivant la direction de AC , avec une puissance d'inflexion, que représentent ici les deux lignes AB et BC , égale à la puissance dont serait réfracté ce même rayon sur la surface du verre, avec une obliquité moindre telle que nAS (fig. Y). Car, d'après l'échelle de la réfraction, figurée par l'angle BAv , selon laquelle nous avons dit, par supposition, que se devait mesurer la réfraction du verre, un rayon dont le sinus d'incidence serait nm , serait réfracté dans cette substance suivant la ligne Av (fig. Y) avec un sinus de réfraction tv indiqué par cette échelle; et cette inflexion réfractante se ferait par les deux mêmes forces AB et BC , qui ont déterminé sur la surface de l'eau l'inflexion du rayon dans une obliquité plus grande SAN (fig. X), ou par des forces du moins proportionnelles à celles-ci. On voit par-là ce qu'il y aurait à faire pour obtenir avec exactitude ce rapport : ce serait, ce me semble, de mesurer avec une rigoureuse précision la proportion exacte des deux angles BAC et BAv , comparée au rapport des autres angles SAN et nAS de l'obliquité du rayon aux deux incidences.

35. Sur ces principes de l'accroissement graduel de la réfraction à une incidence plus oblique, repose

tout le fondement essentiel de la théorie très simple des
 verres grossissans. Une carafe remplie d'eau, par sa
 sphéricité, jouit, de même que ces verres, de la
 propriété grossissante; et cette propriété se manifeste
 également dans l'atmosphère, qui, par l'effet de sa
 puissance réfractive, nous fait paraître les astres à
 l'horizon, où leur lumière nous parvient avec l'obli-
 quité la plus forte, sous une figure sensiblement
 plus grande que dans le milieu de leur cours. Ainsi
 le soleil, sur une haute montagné, paraît plus
 grand à son couchant et à son lever, qu'il ne nous
 paraît dans les plaines, où sa clarté, qu'il nous en-
 voie d'un lieu moins bas dans l'horizon, a pénétré
 dans l'air moins obliquement. Cette différence de la
 grandeur des astres aux obliquités différentes du
 rayon, que j'ai jugée d'après diverses circonstances
 être double à une obliquité double, est plus appa-
 rente encore et plus considérable dans la lune, dont
 les rayons, parvenant sur la terre d'un lieu plus
 proche, ont nécessairement plus de divergence,
 de même que ceux de tous les objets plus rapprochés
 de nous (art. 4), et entrent pour cette raison dans
 l'atmosphère avec une obliquité bien plus forte; car il
 est clair que la surface réfringente GT (fig. dixième),
 doit recevoir avec un angle plus ouvert TLG, ou
 une obliquité plus grande LGT, les rayons qui
 lui sont émis du point L; que ceux qui lui parvien-
 draient d'un autre point S quelconque plus éloi-
 gné.

Cette apparence d'une plus grande figure sous laquelle se montrent les objets dans ces différens aspects, a sa cause dans l'accroissement de la réfraction, qui nous fait voir ces objets par des rayons plus divergens ou plus écartés les uns des autres, comme s'ils étaient émis de quelque lieu plus proche : car nous venons de dire que plus un objet est proche, plus les rayons qu'il émet ont de divergence relativement à une surface quelconque réfringente GT ; et les images des objets qui sont portées dans le fond de l'œil, y occupent respectivement des espaces d'autant plus étendus, que les rayons émis de leurs divers points y arrivent avec une divergence plus forte, ou qu'ils ont entre eux plus d'écartement. Comme cela paraît dans la même figure, où, supposant que GT soit la surface de l'œil qui reçoit les rayons, et les deux lignes égales RV et PQ , deux petits corps d'une égale grandeur, on voit bien que le corps RV , dont les rayons ont plus de divergence, se trouvera dépeint au fond du globe de la vue par un espace notablement plus grand or , que l'autre corps PQ , qui est plus éloigné de cet organe, ou dont les rayons ont une divergence plus faible. C'est encore par un effet semblable de réfraction, qu'un cristal biconcave AB (fig. 10 bis), augmentant selon le rapport déterminé dont l'angle AdB est plus ouvert que l'ang. primitif BDA , la divergence des rayons

divers qui lui sont transmis de chacun des points du petit corps représenté par PDR, devra faire paraître à la vue l'image de ce corps sous une figure plus grande à proportion, ou comme s'il était avancé à quelque point qui fût plus proche entre D et C; et l'on conçoit aisément que selon que la réfraction de ce crystal sera augmentée, soit par la sphéricité plus grande de sa surface, ou par sa plus vaste étendue, qui lui permette de réunir les rayons dans un foyer plus spacieux, l'angle *AdB* de la réfraction augmentant toujours selon le même rapport, les objets dont ce crystal transmettra les rayons vers nos yeux, se devront offrir à la vue sous une figure proportionnellement plus amplifiée, et qu'ils sembleront à une proximité plus grande du spectateur.

36. Il suit encore de ces mêmes principes, que si la densité de l'air était la même à tous les points de l'atmosphère de notre globe, sa puissance réfractive à chacun demeurant la même, les astres dont il nous transmet les rayons devraient paraître constamment, à quelque hauteur qu'on puisse être dans l'atmosphère, sous une grandeur apparente toujours égale à la même élévation de leur cours au-dessus de l'horizon; et que si au contraire la densité de l'air est différente aux différentes régions de l'atmosphère terrestre, et qu'il soit plus rare dans les contrées plus élevées, sa réfraction étant moindre dans ces mêmes lieux selon la proportion de sa rareté,

la figure des astres, à la même élévation de leur cours au-dessus de l'horizon, ou pour m'exprimer plus exactement, à la même obliquité d'incidence de leurs rayons lumineux, devra paraître plus petite sur une haute montagne, où l'air est plus rare, que dans les plaines et les bas-fonds, où ce même fluide a plus de densité. Cette inégalité de la réfraction de l'air dans ses différentes régions, a été observée aussi des astronomes dans leurs calculs célestes. (NEWTON. *Opt.*, lib. 2, prop. 10.) De même, quand l'horizon est chargé de nébuleuses vapeurs, qui accroissent la réfraction de l'air en même temps qu'elles augmentent sa gravité spécifique, comme il arrive le plus communément vers le déclin du jour, la figure apparente du soleil couchant, ou celle de la lune qui se lève, paraîtra aux regards un peu plus grande qu'elle ne serait si l'horizon était pur.

Scolie général.

37. Les philosophes modernes ont beaucoup subtilisé pour découvrir d'où il pouvait se faire que la lumière, en pénétrant dans la substance compacte des corps denses, s'approchât constamment, comme on l'éprouve, de la perpendiculaire à leur surface, lorsqu'il leur semblait, au contraire, que la résistance naturelle de ces corps devait la détourner davantage et la rendre plus oblique à cette surface.

Descartes, pour rendre raison de ces faits, a prétendu, que, demême qu'une balle qu'on a lancée roule avec plus de facilité sur une table nue que sur un tapis, ainsi la lumière se devait mouvoir plus aisément sur les corps les plus durs et les plus fermes; et Leibnitz, sans s'écarter beaucoup de cette idée, avança que le rayon, d'un milieu à un autre, devait prendre par une disposition naturelle le chemin le plus facile, qu'il estimait par le rapport inverse composé de la longueur de ce chemin et de la densité du milieu; attribuant ainsi à la lumière une sorte d'instinct mécanique, ou de discernement nécessaire.

Nous ne voyons pas cependant, en faisant même toute abstraction des précédentes théories, où peut exister ici la difficulté, qu'une connaissance mieux sentie de la nature subtile de la lumière aurait levée aisément; car le rayon qui pénètre dans les petits intervalles d'un corps solide, frappe nécessairement sur celle des parties intérieures de ce corps qui lui est directement opposée; et cette partie doit le repousser par son choc, dans les intervalles poreux, vers le côté d'où il arrive. C'est ce qu'on a vu par l'expérience du cheveu (art. 14); et, lorsque dans une chambre obscure on a reçu un étroit rayon entre deux lames de couteau qui étaient placées sur un même plan, le rayon se venant briser alors en plus grande masse sur la lame qui se rencontrait dans sa progression rectiligne directe-

ment, il s'est infléchi de nécessité à l'opposé de cette lame et vers celle qui lui était la plus proche, suivant l'observation déjà citée de Newton à la proposition première de cette partie, article *seizième*. Ainsi, la première répercussion de tout corps où la lumière se réfracte, ou le premier acte de sa résistance, qui décide de la réfraction totale, tend à rapprocher le rayon de la perpendiculaire; et il doit l'en rapprocher avec d'autant plus de puissance, que sa résistance est plus forte.

Ici, et dans les divers autres phénomènes de sa motion, la lumière obéit aux mêmes lois que tous les corps terrestres qui se meuvent, sinon que, plus subtile et pénétrant par son extrême ténuité dans les pores mêmes des liqueurs, elle n'éprouve point, je le répète, comme les autres corps l'éprouvent, l'effet de la résistance ordinaire de leur gravité (art. 11). Au lieu que le corps dur, par exemple, lancé sur l'eau, supportant l'effort de la résistance de toute la masse liquide qu'il fait rompre, et poussé par le côté où cette résistance est la plus forte, doit s'infléchir vers celui où la masse de l'eau moins épaisse lui résiste avec une force moins grande, et s'inclinant ainsi à la surface devenir plus oblique; la lumière, qui pénètre entre la masse solide de la liqueur, glissant dans les intervalles mêmes de ses pores, ne peut éprouver de résistance en s'y plongeant que le choc naturel des parties intérieures du

liquide , qui la pousse et la fait infléchir , comme on l'a dit , dans le sens opposé à son mouvement. C'est , n'en doutons point , de cette subtilité si grande de la lumière , que procède toute la diversité qui se remarque entre les effets de ses imperceptibles répercussions , et les chocs semblables des corps épais sur la surface des liquides. Car , tandis que ses subtils rayons , qui s'infiltrant , disons-nous , sans aucune peine dans la substance poreuse de ces liqueurs , la pénètrent à une obliquité considérable , on éprouve que les corps terrestres plus massifs , lancés obliquement sur la surface de ces mêmes matières liquéfiées , en sont réfléchis , et n'y pénètrent point , tant qu'ils conservent du moins assez de mouvement pour surmonter l'effort naturel de leur propre pesanteur , qui les fait tendre sans cesse vers en bas. Ainsi rebondit sur les eaux la pesanteur des boulets mêmes , parce qu'ils ne jouissent point dans ce choc oblique de toute la puissance de leur impulsion directe , et que la surface liquide , qui ploie sans se rompre par son élasticité , et touche ainsi par un plus grand nombre de ses points le corps mouvant qui l'effleure , le renvoie en cédant par la liaison de sa masse et le fait rebondir : c'est-à-dire , en un mot , que ces liqueurs terrestres agissent par toute leur masse sur les corps épais , et qu'ils n'agissent sur la lumière que par chacune de leurs parties. Cette matière si subtile , cependant , nous présente

dans sa propagation vers les corps plusieurs phénomènes du même genre, parmi lesquels la congélation des régions obliques des pôles, dont la cause essentielle est dans un semblable rejaillissement de ses rayons inclinés, qui ne pénètrent que très peu dans l'intérieur de ces terres, est principalement remarquable.

38. Ainsi d'une manière simple, nette et précise en ses lois, se vient offrir dans cette théorie analytique l'explication naturelle des transmissions lumineuses. Mais il ne paraît pas aussi facile, dans les systèmes communément adoptés de nos jours, de rendre raison de ces phénomènes très variés, et particulièrement, comme nous l'avons fait au *vingt-sixième* article de cet ouvrage, de l'égalité constante de la réfraction sur les deux côtés opposés du corps diaphane. Dans la théorie de Newton, qui attribue en général cette propriété des milieux à une certaine force d'attraction dont ils seraient doués intimement, outre qu'on ne voit pas bien, par exemple, d'où pourrait venir au crystal son attraction très forte pour la lumière, puisque cette puissance ne s'exerce qu'entre les parties semblables d'un même élément (P. N. art. 21), il reste encore à résoudre une circonstance contradictoire : c'est que la lumière, en se transmettant au crystal, s'infléchit bien, il est vrai, vers le côté du verre qui lui est le plus proche, comme tous les corps attirés

doivent nécessairement faire , mais qu'elle s'en éloigne au contraire lorsqu'elle en sort. Et dans la doctrine des Euléristes, qui expliquent cette inflexion par un retardement de la lumière, ou un affaiblissement dans sa célérité, lorsqu'elle passe à un milieu plus dense, il n'est pas bien clair à l'esprit comment elle pourrait ensuite regagner de la vitesse, lorsqu'elle retourne de ce milieu dense à un milieu plus rare. Il ne paraît pas, en effet, que les rayons dussent perdre ni gagner, d'une manière bien sensible, de la force ou de la rapidité dans leur motion, en se propageant par les milieux divers qui les transmettent; et d'ailleurs, à toutes choses égales, si l'on ne considère ici que la voie directe de leur progression rectiligne, ou la ligne selon laquelle ils tendent et traversent les corps, ils devraient être plutôt au contraire plus accélérés et plus prompts dans les corps denses, où, par le fait de leur réfraction plus puissante, ils se meuvent dans un chemin plus court, que dans les milieux les plus rares, où leur direction est plus oblique. C'était ainsi que Newton, à la proposition dixième de son second livre, considérait ce même phénomène, lorsqu'il en établissait le principe sur cette loi, que la lumière est plus accélérée dans les corps que dans les espaces du vide : *Si lumen celerius sit in corporibus quàm in inani.*

SECTION SECONDE.

Du double mouvement de la lumière, et de ses réflexions.

QUE LA RÉFLEXION GÉNÉRALE DE LA LUMIÈRE PROVIENT DE L'INÉGALITÉ DE RÉSISTANCE QU'ELLE ÉPROUVE DANS LES MILIEUX DIVERS OU ELLE SE PROPAGE ; ET A DE CERTAINS INTERVALLES DE SES TRANSMISSIONS OBLIQUES , LA RÉFLEXION PROVIENT ENCORE DE LA FAÇON PARTICULIÈRE DONT LES RAYONS SE PROPAGENT DANS CHACUNE DES ALTERNATIVES DE LEUR DOUBLE MOUVEMENT.

DES PROPRIÉTÉS DU DOUBLE MOUVEMENT
LUMINEUX.

39. Des alternatives ou des accès de la lumière. — 40. Des intervalles des accès dans les différens milieux. — 41. Que les angles des mouvemens intérieurs et les mouvemens entre les parties semblables ou homogènes , sont tous égaux dans un même faisceau de rayons. — 42. Que ces angles varient selon la réfraction. — 43. Que les intervalles des accès varient de même suivant ces angles. — 44. De la vitesse absolue de la lumière dans les différens milieux et à des réfractions différentes.

39. Nous avons vu dans la section précédente , à la proposition seconde , que si la réfraction de la lumière est une conséquence de l'inflexion de ses

différentes parties sur les corpuscules réfringens qu'elle heurte dans les milieux qui la transmettent, la lumière doit se propager dans ces milieux par une suite de répercussions alternatives sur leurs corpuscules, et s'y mouvoir par des mouvemens divers AC et CB (fig. 6), successivement opposés, et tous égaux les uns aux autres (art. 23). On trouve dans les inflexions de la lumière par la rencontre d'un cheveu et sur une mince lame de couteau, comme on le verra expliqué dans le second livre, *cent dix-neuvième* article, une preuve bien manifeste et bien sensible de la contrariété de ces deux mouvemens opposés qu'elle reçoit alternativement dans sa course. J'appellerai celui de ces mouvemens (AC) qui se fait dans le sens le plus direct de l'obliquité du rayon à la surface réfringente, le *mouvement direct* de la lumière, et l'autre mouvement (CB) qui se fait au sens le plus contraire à cette même obliquité, son *mouvement inverse*. Les retours de la lumière dans chacun de ces mouvemens progressifs, est ce qu'on nomme les *accès* ou les *alternatives* de ce mouvement; elles reviennent successivement par des intervalles égaux dans une progression arithmétique, dont la raison est 2, comme la figure sixième le représente. Ces retours égaux sont la conséquence du corollaire premier de la seconde proposition, et ils s'accordent avec les calculs de Newton à la cinquième observation du second livre de son Optique,

partie première, et avec sa proposition dix-neuvième dans le même livre.

40. Les distances A_1 et c_2 des répercussions successives des petites parties lumineuses, se nomment les *intervalles des pulsions* ou des chocs alternatifs de la lumière ; et le double de ces intervalles ou la distance Ab des retours de la même alternative, est l'intervalle des pulsions de cette alternative, ou, comme Newton l'appelle, l'*intervalle des accès*. *Opt.*, lib. 2, prop. 18.

Puisque ces accès de la lumière ont leur origine dans les répercussions successives des rayons sur les corpuscules réfringens des milieux au travers desquels elle se propage, plus les parties répercussives de ces milieux seront abondantes et multipliées, et plus les pulsions lumineuses de même y devront être en grand nombre. C'est aussi ce que les faits nous constatent. Car Newton crut pouvoir déduire de ses expériences les plus sûres, comme une règle générale, que *les intervalles des pulsions, dans les différens milieux, sont entre eux comme les sinus qui mesurent la réfraction relative qui se fait dans ces mêmes milieux*. *Ibid.* lib. 2, prop. 17. Ainsi ; la réfraction comparative de l'air au crystal étant comme 11 à 17, ou presque 2 à 3, et de l'air à l'eau comme 3 à 4, les intervalles des pulsions seront d'un tiers environ plus petits dans le crystal que dans l'air, et plus rapprochés d'un quart dans le fluide

de l'eau; et si, comme ce grand géomètre l'a calculé, ces intervalles pour les rayons jaunes sont dans l'air d'une cent soixante-dix-huit millième partie du pouce, à une incidence supposée perpendiculaire, ils ne seront dans l'eau que d'environ une deux cent trente-sept millième partie, c'est-à-dire moindres d'un quart, et dans le crystal à peu près d'une deux cent soixante-quinze millième, c'est-à-dire moindres d'un tiers, ou un peu plus. *Ibid.* Pars 1, obs. 6.

41. Ces mêmes expériences de Newton ont démontré que *les intervalles des pulsions* (AB, CD) *étaient constamment uniformes et bien semblables pour chacun des rayons dans le même milieu*, du moins à une obliquité semblable de la réfraction; car, s'il en pouvait être autrement, comment cette uniformité si constante des phénomènes que ces expériences nous présentent, devrait-elle alors exister? Elle serait détruite, très certainement, par la confusion des rayons de la même couleur qui se rencontreraient en des intervalles ou en des accès inégaux, ainsi qu'il paraîtra clair et manifeste à l'esprit, lorsque nous rapporterons l'expérience.

D'ailleurs, puisque la grandeur des mouvemens lumineux (AC, CB) est déterminée, dans son premier principe (art. 40), par la distance des parties réfringentes des corps qui transmettent la lumière, cette distance étant de nécessité la même pour le même milieu à toutes les obliquités possibles du rayon

réfracté, les *mouvemens* y devront aussi, en général, demeurer les mêmes, et ils le seront du moins assurément dans le même faisceau de rayons entre les parties de la même nature, où toutes les circonstances sont semblables. Et de là il suit, qu'au moins dans le même faisceau et entre ces parties, *la lumière, en se réfractant, ne pourra contracter deux différens angles* EFG et DEf (fig. 6) *dans ses répercussions successives*; comme il arriverait, par la conséquence du troisième corollaire de la proposition seconde, si elle était transmise indifféremment par les deux alternatives de son mouvement. Car si les angles par lesquels se devraient répercuter ses diverses parties de même nature étaient inégaux, puisque nous disons que les *mouvemens*, qui forment les côtés de ces angles, doivent de nécessité dans ces parties demeurer les mêmes, les intervalles des accès (EG, Df), compris entre ces angles, seraient donc différens et inégaux dans les mêmes rayons; ce qui vient d'être démontré contredit par l'expérience.

Pour que ces intervalles pussent être les mêmes, les angles successifs des impulsions étant supposés différens, il faudrait que les plus grands angles ou les plus ouverts, eussent proportionnellement de plus petits côtés; et, au contraire, par l'analogie naturelle des rayons simples de chacune des sept couleurs homogènes, qui éprouvent à la même réfraction des

impulsions différentes, la suite nous montrera, qu'à inégalité dans les angles des répercussions intérieures de la lumière, les plus grands mouvemens se devraient toujours contracter par les angles les plus grands. Si donc, de cette diversité des chemins ou des mouvemens alternatifs au même milieu dans les sept rayons colorés, on voulait conclure qu'une diversité semblable pourrait bien de même exister en certains cas entre les rayons de la même nature, il faudrait encore néanmoins, à cause de cette égalité bien constante des intervalles, qui nécessite, comme on le vient de dire, l'égalité des angles et des mouvemens dans le même faisceau de rayons entre ses parties homogènes, reconnaître évidemment, qu'une telle diversité présumée des mouvemens de la lumière ne pourrait vraiment exister, dans les mêmes milieux, qu'à des obliquités différentes de la réfraction, ou lorsque les intervalles des accès différeraient entre eux réellement, et jamais dans un même faisceau de plusieurs rayons qui ont souffert une réfraction semblable : c'est-à-dire, en général, *que les angles des mouvemens successifs, comme ces mouvemens eux-mêmes, ne peuvent être jamais différens, que les intervalles de leurs alternatives ne le soient.* Or, c'est uniquement ce seul point qu'il importait ici d'établir. Ainsi, pour résumer le tout, l'égalité des angles à la même réfraction étant une suite indispensable de l'égalité reconnue des inter-

valles des accès, nous devons penser, d'après le corollaire troisième, que nous avons cité précédemment, ou bien que la transmission de la lumière ne se fait que par l'un seulement de ses accès lumineux, ou plutôt que la quantité de ses parties qui sont transmises par chacun des mouvemens de ces mêmes accès, détermine l'angle moyen de leurs répercussions successives dans le milieu qui les réfracte.

42. Si les parties de la lumière étaient transmises avec une égale abondance par l'une et l'autre de leurs alternatives diverses, comme je le suppose au quatrième corollaire de la proposition seconde, les forces sollicitantes de leur impulsion directrice étant égales; elles se balanceraient mutuellement, et la lumière conserverait, dans le nouveau milieu, le même *angle de ses répercussions intérieures* qu'elle avait déjà dans le précédent; car autant l'angle *BFG* de l'inflexion du mouvement direct (fig. 6), est plus petit que son premier angle *EFX*, autant *DEf* au contraire, que doit contracter par la réfraction le mouvement inverse, est plus grand que ce même angle. Mais l'expérience déjà citée de Newton, prouve que la lumière ne se transmet point dans tous les cas avec une égale facilité par l'un et l'autre accès; mais qu'elle est transmise plus abondamment dans l'une des alternatives de sa motion, et réfléchie plus abondamment dans l'autre.

Ainsi, l'angle moyen de ses répercussions successives (art. 41) *ne demeurera pas le même après la réfraction*, et il sera un peu plus grand dans la transmission des rayons d'un milieu rare à un plus dense, si les parties transmises en la plus grande abondance le sont par leur accès du mouvement inverse, et un peu plus petit, si elles le sont au contraire par leur mouvement direct; outre que, à la même incidence sur la surface réfringente, la différence de grandeur ou de petitesse de ce même angle sera respectivement plus considérable, à proportion comme le milieu où la lumière se devra réfracter jouira aussi d'une puissance réfractive qui soit plus forte, comme le corollaire troisième l'a expliqué.

La force dont le rayon serait infléchi par l'action impulsive du milieu, paraîtrait aussi devoir être plus faible quelque peu dans le premier cas, où les parties lumineuses seraient transmises en le plus grand nombre par leur mouvement inverse, qui est le moins oblique, et un peu plus forte, au contraire, dans le second, où elles le seraient en la plus considérable abondance par leur mouvement direct, dont l'obliquité l'emporte sur celle du premier, que cette force n'est définie précédemment à la première de nos propositions; cela serait, du moins, si la transmission de la lumière par ses deux mouvemens était telle effectivement qu'elle est représentée dans le quatrième corollaire de la proposition seconde.

Mais nous ferons voir bientôt qu'il n'en est pas ainsi, et que la lumière est transmise, d'après les seules données du corollaire cinquième, dans l'une de ses alternatives, par l'un des côtés C de l'ouverture réfringente CD (fig. 3), et qu'elle l'est dans l'alternative opposée par le côté contraire; de sorte que, comme ce corollaire le démontre, suivant l'obliquité du rayon, il y a un plus grand nombre, il est vrai, des parties de la lumière qui sont transmises par l'une des alternatives de son mouvement, qu'il n'y en a par l'autre, ainsi qu'on voit qu'il y en a plus par l'un des côtés de l'ouverture que par le côté opposé, mais que cette inégalité de la transmission lumineuse, qui suit l'obliquité du rayon, est toujours dans une telle proportion exactement balancée, que l'inflexion totale qui en résulte est constamment avec cette obliquité dans le rapport que la proposition première a défini; quoique la transmission de la lumière, comme le même corollaire nous l'enseigne, au *trente-troisième* article, serait plus forte quelque peu si elle se faisait avec la plus grande abondance par le mouvement direct, et plus faible un peu, au contraire, si son abondance la plus grande était par le mouvement inverse.

Pour ce qui est d'ailleurs, en général, de la seconde de nos propositions et de la manière dont nous avons représenté à son second corollaire les *angles successifs des répercussions alternes* de la

lumière après sa réfraction, quels que puissent être les changemens que l'inégalité réelle de la transmission lumineuse par les deux accès de sa motion y doive inévitablement apporter, nos principes et nos figures cependant seront encore vrais et exacts, si on ne les considère que comme une représentation, sinon des mouvemens réels lumineux, du moins de la décomposition de ces mêmes mouvemens : considération utile à la facile intelligence de plusieurs des phénomènes des réfractions.

43. La grandeur absolue des angles des petits mouvemens lumineux, d'après les principes que nous avons suivis (art. 29) dans l'analyse générale des répercussions intérieures, paraissant donc varier par la réfraction (art. 42), et devoir être toujours proportionnelle, ainsi que l'explique notre troisième corollaire de la proposition seconde, à la force même de l'inflexion que la lumière subit en se réfractant, les *intervalles des accès*, déterminés, selon les précédens articles, et notamment le *quarante-unième* (où sont limitées et définies les grandeurs respectives des petits mouvemens alternes lumineux), par les ouvertures diverses de ces mêmes angles, devront en suivre constamment la mesure inégale; et croissant ou diminuant, comme les grandeurs de ces angles croissent ou décroissent, ils *seront inégaux dans les mêmes milieux à inégalité de la réfraction*.

Cette proportionnelle inégalité des intervalles des accès dans le même milieu par une réfraction inégale, résultat nécessaire de l'inégalité des angles des répercussions lumineuses, a été reconnue par Newton dans ses septième et dix-neuvième observations sur les verres des télescopes et sur les bulles de savon, et il en détermine la proportion précise à la proposition quinzisième du deuxième livre de son *Optique*. Mais les phénomènes de transmission sur lesquels se basent ses calculs, qui ne s'accordent pas tout-à-fait avec les nôtres, me paraissent avoir aussi dans l'obliquité très forte de la réfraction du verre une autre cause, dont nous avons fait voir la nature au sixième corollaire de notre proposition seconde, et qui est celle qui fait paraître, sous une figure plus amplifiée, les corps des sphères célestes dont les rayons ont pénétré dans l'air à une incidence plus oblique; car je ne pense pas qu'on expliquera aisément cette apparence plus grande qu'ont tous les astres à leur lever, par un plus grand intervalle des accès successifs de leurs rayons, les accès étant un phénomène d'un tout autre genre que la divergence de la lumière, qui est la cause naturelle de cet accroissement de la figure des objets (art. 35).

Du reste, les principes sur lesquels repose notre second corollaire, qui est tout le fondement de notre théorie, sont simples et clairs, et ils se renferment presque uniquement dans ce seul axiome hors

de contestation, qu'un même milieu a partout une résistance bien égale; car il s'ensuit que toutes les répercussions successives de la lumière y doivent être égales et uniformes, c'est-à-dire telles qu'elles sont définies en effet dans le premier corollaire et représentées à la fig. sixième; et je ne connais que des causes d'une impulsion générale, du genre de celles qui sont indiquées dans le précédent article, qui puissent en modifier l'ordre constant. Il est vrai que l'article *vingt-neuvième* de ce corollaire second a fait pressentir, qu'il se pourrait que les répercussions de la lumière dans l'intérieur d'un même lieu ne fussent pas semblables de tous points, à la répercussion première qu'elle aura dû subir en s'y transmettant primitivement, et que l'inflexion a modifiée; mais parce que ces répercussions intérieures dépendent de la manière dont elle heurte sur des petites parties très subtiles, dont la figure, le mouvement et la situation nous sont véritablement inconnus, ou ne peuvent être précisés avec assez d'exactitude, cette différence possible entre les vrais mouvemens et les mouvemens simulés au corollaire second de l'Analyse ne paraissant point au réel se pouvoir du tout apprécier, nous avons dû nécessairement nous en tenir dans la théorie générale à la supposition, que tous les mouvemens alternes de la lumière ne fussent dans la réalité que les résultats successifs de vraies réfractions intérieures. Dans cette hypothèse, connaissant

la proportion exacte de la transmission de la lumière par chacun de ses accès, il ne s'agirait que de calculer, pour toutes les réfractions, la grandeur relative dans chaque milieu de l'angle moyen de ses petits mouvemens intérieurs (EFG ou *Def*, fig. sixième), d'où l'on obtiendrait bientôt sans difficulté les intervalles réels de ses alternatives, si l'on connaissait d'ailleurs assez exactement les rapports véritables des grandeurs effectives des mouvemens dans ces divers angles à chaque milieu : connaissance où paraît devoir nous conduire, dans un certain degré de précision, la considération des mêmes rapports dans les différentes lumières simples colorées.

Enfin, si l'on considère seulement l'obliquité selon laquelle le rayon traverse au même milieu une étendue quelconque RS (fig. onzième), on verra que s'il la parcourt suivant la perpendiculaire *Ab*, le nombre de ses pulsions dans ce passage sera de moitié moindre, et par conséquent leur intervalle direct double, que s'il la traversait obliquement suivant la ligne AS, qui contenant *Ab* deux fois, doublerait ainsi le chemin qu'il devrait avoir à parcourir.

44. Si les chemins partiels, ou les mouvemens de la lumière, et les intervalles de ses pulsions sont proportionnels dans les différens milieux, comme ils doivent l'être nécessairement, puisqu'ils ont éga-

lement les uns et les autres, pour principale et commune origine, la distance des parties répercutives de ces milieux (art. 40), la lumière, toutes choses semblables, *se propagera avec une célérité égale dans les milieux les plus denses, comme dans les plus subtils et les plus rares.* Soit, par exemple, l'intervalle AB (fig. onzième), celui des alternatives d'un rayon qui s'est réfracté dans l'atmosphère, et la droite AC, la longueur de l'un des petits mouvemens de ce rayon; si l'on partage chacune de ces deux lignes en quatre parties, et que *Ab* et *Ac* en contiennent trois, on aura, suivant le second article de la présente section, les grandeurs respectives des mouvemens et des accès successifs de ce même rayon dans la liqueur de l'eau. Ainsi ses parties élançées devront avoir dans ce dernier milieu quatre accès, *Ab*, *be*, *eg*, et *gG*, en la même étendue de l'espace où dans l'air elles n'en éprouveraient que trois, *GE*, *EB* et *BA*; mais leurs mouvemens étant aussi par compensation d'un quart plus petits dans la liqueur de l'eau, elles n'auront parcouru réellement dans les deux milieux que la même longueur de chemin total, et le rayon devra arriver dans l'un et dans l'autre, au point *G*, en le même intervalle de temps écoulé. Car, représentant par des nombres, pour le vérifier, les chemins intérieurs qu'ils ont dû faire dans tous les deux milieux, on trouvera que la lumière a parcouru dans l'un huit fois trois,

égal à six fois quatre, le chemin qu'elle aura dû faire dans l'autre; et le développement de ces chemins partiels ou le chemin total, est la ligne AV , abaissée par le prolongement de AC et cA , sur la perpendiculaire à la direction du rayon.

Si la lumière contractait par sa réfraction un angle intérieur différent de ACB ou bcA , soit par exemple un angle tel que Aye de la même figure, sa vitesse aussi serait différente, comme le seraient les grandeurs de ces différens angles Aye et bcA , ou celles des deux lignes Av et VA du développement de ses petits chemins intérieurs; et elle sera plus prompte, comme la figure le fait voir, si cet angle est plus grand, puisque le nombre de ses pulsions à égalité des chemins partiels sera moindre, et plus lente s'il est plus petit, puisque ses pulsions seront au contraire plus nombreuses. Donc, selon le troisième corollaire de la proposition seconde, et l'article *quarante-deuxième* de cette section, si la lumière est transmise avec la plus grande abondance par son mouvement direct, *elle sera plus lente à une réfraction plus forte d'un milieu rare à un plus dense, et plus prompte au contraire après sa réfraction d'un milieu dense à un plus rare*; et ce devra être l'inverse qui aura lieu, si elle est transmise en la plus considérable quantité par son mouvement inverse.

DES ACCÈS LUMINEUX.

45. De l'action compressible des milieux sur la lumière. — 46. De l'inégale transmission de la lumière oblique par chacun de ses mouvemens intérieurs. — 47. Que cette inégalité de transmission est la même d'un milieu dense à un plus rare, que d'un milieu rare à un milieu dense. — 48. Explication de l'observation galiléenne du livre second de l'Optique. — 49. Des accès de réflexion et de transmission de la lumière. — 50. Qu'ils suivent la proportion de l'obliquité de la réfraction; opinion de Newton réfutée. — 51. Que la vitesse relative de la lumière est la même à toutes les réfractions. — 52. De la détermination réelle des petits mouvemens intérieurs.

PROPOSITION III.

45. *Que la répercussion des petites parties lumineuses sur les surfaces intérieures des milieux, se fait selon le sens de leur mouvement; ou qu'elle dépend, en général, de la manière dont elles heurtent et sont portées sur ces surfaces.*

Si l'une des parties du rayon, dans son alternative du mouvement direct AC (fig. sixième), au lieu d'être répercutée régulièrement à ce point C, par le milieu qui la transmet, suivant la ligne CB du second mouvement alterne, était renvoyée par son choc dans le sens contraire, vers le point *b*, avec un angle *ACb*, opposé de *BCA*; ou si une autre des petites parties lumineuses dans son alternative

inverse CB, était renvoyée vers un autre point *d*, à l'opposé de BD : non-seulement l'ordre régulier des accès lumineux serait interverti, mais la lumière encore serait détournée de sa voie directe et disséminée dans sa course. Or, toutes les observations de Newton, au livre second de son Optique, nous prouvent que les accès de la lumière sont de leur nature uniformes et essentiellement durables : *sunt hæ vices*, dit cet auteur, *naturæ suæ durabiles*, prop. 13; et d'ailleurs le disséminement des rayons ou leur réflexion en tous les sens est tout-à-fait nul, ou du moins insensible, dans leur propagation au même milieu. Donc, véritablement, *la répercussion de la lumière sur les parties intérieures des milieux, se fait en général selon le sens propre de son mouvement*; comme si l'on concevait ces milieux d'une nature élastique ou comme essentiellement compressibles et constitués en telle façon, qu'ils dussent céder plus ou moins au choc impulsif des rayons et se comprimer par ce choc, jusqu'à ce que leur ressort reprenant bientôt le dessus, ils les fissent de nouveau rejaillir, selon le sens de leur mouvement, par l'effort ou la réaction de cette même force dont ils avaient été comprimés, et que la lumière, ainsi renvoyée alternativement, se mût par jets et répercussions successives de surface en surface dans ces milieux, ainsi que nous voyons la foudre qui s'élance par sillons dans les airs.

Et traitant ici d'une manière spéciale de l'action naturelle de chacune des petites parties du milieu prise isolément sur chaque rayon de la lumière, nous n'avons point dû considérer davantage, ainsi que nous l'avions fait par une vue générale dans le second corollaire de la proposition seconde, les diverses parties intérieures des milieux, comme constituant par leur ensemble autant d'ouvertures infléchissantes consécutives, qui, semblables à celles que présentent les superficies extérieures de ces milieux, agiraient par une commune action sur l'entière masse de la lumière pour l'infléchir de sa course (art. 21) : cette considération générale de la nature intérieure des milieux, trop vague et indéterminée, et qui n'était d'ailleurs que purement fictive, selon l'observation qu'en a faite le *vingt-neuvième* article de ce traité, ne suffisait réellement point pour expliquer exactement les phénomènes variés des accès, et ceux spécialement des couleurs, qui nous obligent très certainement de reconnaître, comme on le vient de remarquer, dans l'intérieur de ces milieux, une certaine force d'élasticité, telle que serait celle d'un ressort qui en cédant se comprime.

COROLLAIRE.

46. *Que la lumière est transmise dans un nouveau milieu, à proportion comme son incidence est oblique, en abondance plus grande par l'alternative de son mouvement direct que par l'alternative opposée; et que sa réflexion, au contraire, est plus abondante par l'alternative inverse que par l'autre.*

Puisqu'il vient d'être démontré au précédent article, que la lumière est renvoyée généralement par les surfaces intérieures des corps selon le sens de son mouvement, toutes les parties de ses rayons qui arriveront sur la surface infléchissante d'un milieu dans leur accès du mouvement direct EF (fig. septième), y devront être répercutées par le côté D des ouvertures de cette surface, dans le sens régulier de l'angle ordinaire de leurs alternatives; et toutes celles qui se rencontreront à cette même surface dans leur disposition du mouvement contraire, en seront repoussées régulièrement sur le côté C, opposé au premier, suivant la direction de ce même angle. Et comme la première de nos propositions, section précédente, a d'ailleurs démontré, que plus le rayon devient oblique sur la surface CD, et plus la quantité des parties qui sont transmises par le côté D de l'ouverture, surpasse celles qui le sont par le côté C opposé, la vérité du principe que le corollaire

établit, est montrée par là suffisamment sûre et manifeste. C'est-à-dire que la lumière se transmet uniformément dans un milieu nouveau selon les principes du cinquième corollaire de la proposition seconde, dont celui-ci, qui est le développement de son *trente-troisième* article, n'est que la simple confirmation.

Ainsi la lumière qui se propage à un milieu nouveau, se vient briser inégalement, suivant les lois de la proposition première, sur les petites parties réfringentes de la première surface de ce milieu : mais elle ne s'y répercute que dans un sens unique ; c'est-à-dire qu'elle en est inévitablement renvoyée, quoique sans doute avec des angles inégaux, vers le côté où la devait porter naturellement la succession de ses alternatives. Que cette inégalité des répercussions à la première surface d'un milieu, d'où la réfraction a sa cause, phénomène qu'il ne faut point confondre en tous ses points, comme il a déjà été remarqué au *vingt-neuvième* article, avec celui de la propagation intérieure, existe véritablement, et qu'elle existe au même degré que la proposition première la définit, est constant jusqu'à la dernière évidence, par ce principe constant de la réfraction, qui en est un corollaire (art. 17), qu'elle se fait toujours précisément suivant la perpendiculaire à la surface réfringente ; et elle est constatée en outre par l'observation, alléguée de Newton dans son Optique, qu'il n'y a nul corps

si bien poli, qui ne disperse en tous les sens, comme cette proposition nous l'enseigne, quelque faible partie de la lumière : *nullum est vitrum aut speculum quantumvis perpolitum, quin dispergat quoquo-versus lumen quoddam debile...* Opt., lib. 2, pars 4, in princ. On n'en peut donc absolument révoquer en doute la certitude ; mais seulement il faut admettre, comme une suite des restrictions que cette proposition troisième y apporte, l'interprétation que nous venons d'en donner, pour l'appliquer avec justesse aux phénomènes de la réfraction.

47. La vérité et l'exactitude de cette interprétation sont d'ailleurs confirmées, autant qu'elles pouvaient l'être, par l'expérience, qui, en nous en montrant les effets sensibles dans les alternatives des couleurs que les verres objectifs font paraître (art. 10), nous démontre que la lumière dans ses réfractions multipliées retourne avec plus d'abondance de l'air au crystal, par la même de ses alternatives qui du crystal l'avait transmise dans l'air plus abondamment. Ces couleurs, en effet, ne se manifesteraient point dans un ordre aussi réglé ni aussi constant que l'expérience le fait voir, si les rayons qui les forment ne retournaient tous à la première surface du corps réfléchissant, par un égal nombre de leurs pulsions qu'ils ont dû employer à pénétrer jusqu'à la seconde surface de ce corps, ainsi que Newton le fait très-bien entendre à la vingtième proposition du second

livre de son Optique, dont la considération de ce principe fait le motif essentiel. Il se vérifie encore en quelque sorte sur les glaces ordinaires de nos appartemens, qui ne nous réfléchiraient point les objets par une image aussi nette ni aussi distincte de toutes leurs couleurs, si les rayons qui y pénétrant n'en devaient tous ressortir avec la même facilité et dans le même ordre de leurs alternatives qu'ils y ont dû entrer, parce qu'ils ont tous nécessairement le même chemin à faire pour pénétrer dans le miroir, que pour s'en réfléchir. Ce premier point nous semble donc constant par l'expérience, que *l'alternative de la plus abondante transmission de la lumière d'un milieu rare à un plus dense, est la même que son alternative de transmission d'un milieu dense à un plus rare.*

48. Et pour ce qui est des faits sensibles par lesquels ces alternatives de la plus facile transmission et de la réflexion la plus facile se manifestent, comme ils se rattachent intimement à la théorie des couleurs, qui fait l'objet spécial de la section suivante de ce livre, je me bornerai ici à un seul : c'est lorsque, dans l'obscurité d'une chambre close, on reçoit sur les deux verres de télescope, disposés comme il est indiqué à l'article *dixième*, l'une seulement des couleurs du prisme. On observe dans cette expérience que les rayons de la couleur émise sont alternativement réfléchis sur la surface oblique du second

verre, et transmis alternativement par cette même surface, selon, comme il se doit conclure naturellement, que ces rayons y parviennent dans l'une ou dans l'autre de leurs alternatives motrices. Car, lorsqu'ils y arrivent dans l'alternative EF de leur mouvement direct (fig. septième), renvoyé par le côté D des intervalles poreux où la transmission est la plus abondante, ils y sont transmis en grand nombre; et l'abondance de leurs parties transmises peut même entraîner quelquefois dans leur impulsion commune plusieurs de celles qui, de ce même côté, par la réflexion ordinaire aux changemens des milieux (art. 3), pourraient en bien faible quantité être réfléchies; et lorsqu'ils y parviennent au contraire par l'alternative *de* du mouvement inverse, comme ils sont renvoyés alors par le côté C de la plus abondante réflexion, le plus grand nombre de leurs parties qui y sont réfléchies, semblent s'accroître encore naturellement de quelques-unes de celles qui sur le même côté auraient pu être transmises, mais qui, n'étant sollicitées par nulle impulsion des rayons sur le côté D, où il n'y en a aucun de transmis, puisqu'aucun dans cette expérience ne s'y est venu infléchir, paraîtraient céder facilement à l'impulsion de ces parties qui sont réfléchies et qui les entraînent avec elles; et cette succession régulière d'alternatives de transmission et d'alternatives de réflexion, est ce qui produit le phénomène réglé de

ces accès uniformes de clarté et d'ombre que Newton remarqua à sa quinzième observation sur les verres objectifs. Je dis que l'impulsion des plus abondantes parties de la lumière semble devoir encore naturellement en entraîner plusieurs des diverses autres dans leur commune direction : puisque la proposition première nous fait voir, qu'il y a véritablement des rayons lumineux transmis de chacun des côtés de toute ouverture réfringente, et par conséquent par l'une et l'autre des alternatives de leur motion, quoiqu'ils le soient, il est vrai, dans une abondance sensiblement plus grande par l'un de ces côtés; et elle établit, que la proportion de la transmission de la lumière par chacun d'eux, comme celle aussi de sa réflexion, qui en est l'inverse, est déterminée constamment par l'obliquité incidente du rayon, et qu'elle se mesure par les grandeurs respectives des deux angles ECD et CDF , de cette obliquité (fig. 3). Donc la lumière, dans sa propagation à un différent milieu, *est transmise en effet (art. 46) avec plus d'abondance par son mouvement direct, et plus abondamment réfléchie par son mouvement inverse, suivant la proportion même de l'obliquité de ses rayons sur la surface réfringente.*

Scolie général.

49. Ainsi la lumière, par une suite de ses répercussions successives sur les surfaces intérieures des milieux, contracte dans sa propagation un certain mouvement vacillant ou d'ondulation, qui fait, qu'à une incidence oblique, elle se réfléchit alternativement, et alternativement se transmet dans une inégale proportion; ce que nous nommerons, à l'imitation de Newton, bien que l'expression soit impropre, puisqu'il n'y a ici au réel nulle différence entre les facilités des rayons à se réfléchir ou à se transmettre, mais seulement une disposition particulière de leur motion, *ses accès de la plus facile réflexion*, et *ses accès de la transmission la plus facile*, ne jugeant point qu'il soit sage ni à propos, sans une indispensable nécessité, de changer en quoi que ce soit les dénominations introduites par les premiers inventeurs de la science : c'est-à-dire que le rayon dans la première de ces dispositions motrices est réfléchi plus abondamment, et dans la seconde, au contraire, est plus abondamment transmis dans le milieu. *Opt.*, lib. 2, prop. 12.

Les accès de la plus facile transmission étant, par le corollaire qui précède, ceux du mouvement direct des rayons, et leurs accès de la plus facile réflexion, ceux de leur mouvement inverse; les retours des premiers se devront faire, suivant l'ar-

ticle *trente-neuvième*, dans la progression arithmétique des nombres 2, 4, 6, 8, et ceux des accès de la réflexion dans celle des nombres 1, 3, 5, 7, 9; comme on le voit représenté synoptiquement à la figure sixième. *Opt.*, lib. 2, prop. 19.

50. La conséquence de l'origine de ces accès dans les alternatives du mouvement lumineux, est qu'ils *seront nuls à une incidence perpendiculaire*, où ces alternatives sont nulles par leur définition (art. 39), puisque les deux mouvemens qui les produisent, ont alors sur la surface réfringente la même obliquité d'inclinaison, et qu'ils *deviendront à une incidence oblique de plus en plus marqués, dans la proportion même de l'obliquité plus grande de cette incidence*; puisque c'est selon cette même proportion de l'obliquité, qu'on vient de voir, article *quarante-sixième*, que la transmission et la réflexion du rayon sont plus inégales par les deux alternatives de son mouvement.

Newton, qui, sans en démêler la cause, découvrit le premier, par ses expériences, ces accès lumineux de réflexion et de transmission, les considéra purement comme des dispositions naturelles de la lumière, qui, inséparables de sa nature, se devaient, comme telles, manifester inévitablement dans tous ses passages d'un milieu à un autre : c'est ainsi qu'il les représente dans ses douzième et treizième propositions de son second livre de l'Optique, où il

n'admet dans la manifestation de ces accès aucune restriction ni limite : *Adeò ut vices hæ alternæ revèrè in omnem distantiam sine fine aut limite, ab omni superficie refringente, propagari videantur!* prop. 12. Mais il ne nous dit pas pourquoi alors il n'employa dans ses expériences que des corps transparens, comme les bulles, les lames de mica, les verres de télescope et les prismes, dont les surfaces réfringentes, ou sphériques, ou évidemment inclinées et dissemblables, s'écartant toujours en quelque manière que ce soit l'une de l'autre, ne faisaient point subir à la lumière une réfraction égale. Je n'examine point, par exemple, comment dans l'expérience des verres de télescope (art. 10), le rayon entrera perpendiculairement dans la couche d'air interposée entre ces cristaux, tandis qu'il ne paraît pas qu'un rayon puisse traverser suivant la perpendiculaire un verre grossissant plat-convexe, dont les surfaces opposées n'étant nullement parallèles, s'il est perpendiculaire sur l'une, certainement il ne le sera point sur l'autre, et que nous avons vu d'ailleurs, au corollaire sixième de la proposition seconde, que ces sortes de verre ne doivent qu'à la divergence qu'ils font éprouver aux rayons par leur sphéricité leur propriété grossissante; mais j'admets, comme il le faut, pour le texte de la dix-huitième proposition de l'Optique ainsi conçu, *si radii trans-eant ad perpendiculum e quovis medio*, que les

rayons entrent effectivement dans l'air perpendiculairement, quoique le contraire doive être clairement établi à la théorie des couleurs; au moins faudrait-il encore reconnaître que leur incidence est oblique sur la surface supérieure du second verre, qui est inclinée à la surface inférieure du premier. Et pour ce qui est de son observation vingt-unième sur de légères lames de mica, qui selon leurs épaisseurs différentes réfléchissaient à la vue diverses couleurs, il donne lui-même à sa vingt-quatrième observation la preuve certaine des inégalités de ces lames, n'hésitant point à expliquer les zones colorées qu'elles font voir à travers le prisme, lorsque regardées à l'œil nu, elles sont parfaitement blanches, par ces inégalités mêmes de leurs surfaces : *nempe eâ de causâ*, dit-il, *quod istiusmodi lamellarum superficies non sint æqualè planæ, sed multas habeant partes eminentes, multas lacunosas; quâ quidem inæqualitate, utcunque exiguâ, variatur tamen non nihil lamellæ crassitudo*. *Opt.*, lib. 2, pars 2, ad finem. Mais, sans pousser plus loin cette discussion, les expériences exactes de cet auteur confirment assez par elles-mêmes la conséquence immédiate de nos principes; puisqu'il remarque, à sa neuvième observation sur les verres objectifs, que les couleurs de la lumière transmise, qui sont languissantes et très faibles, deviennent cependant assez pures et assez brillantes, *satis clari ac floridi*, lorsque l'in-

cidence des rayons est très oblique sur le verre. Du reste, les idées de Newton sur ce phénomène étaient fort confuses et très éloignées de nos principes. Il concevait que les petits atomes lumineux, soit par leur puissance attractive, soit par quelque autre force d'impulsion, excitaient dans les milieux diaphanes où ils passaient un certain mouvement vibratoire, qui, plus rapide que le mouvement des rayons et les devançant, les agitait de telle manière, que diminuant ou accroissant par des retours réglés leur vitesse, selon que leurs motions étaient contraires, ou qu'elles s'accordaient à ces vibrations du milieu, engendrait en eux de la sorte ces alternatives : *quod attractiones sua, vel aliâ aliquâ vi, vibrationes quasdam in medio in quod agunt excitent, quæ quidem vibrationes, radiis celeriores existentes, prævertant eos successivè, et ità agitent, ut velocitatem ipsorum augeant imminuantque alternis, adeoque vices illas in ipsis generent.* Quæst. 29, et lib. 2, pr. 12.

51. Il résulte encore de l'origine de ces accès dans les alternatives motrices des rayons, qui se transmettent, d'après le quarante-sixième article, en la quantité la plus grande par les répercussions isochrones de leur mouvement direct, que la vitesse absolue de la lumière doit croître par la réfraction du rayon d'un milieu dense à un milieu plus rare, et qu'elle doit au contraire se ralentir lorsque le rayon se réfracte d'un milieu rare à un autre plus dense, comme

cela se démontre aisément par l'analyse de l'article *quarante-quatrième* de cette section. Car lors même qu'il serait encore bien prouvé (article 41), que la grandeur de ses chemins dût varier avec les différens angles de répercussion que successivement ils comprennent, comme ce n'est pas cette grandeur AC ou cA des petits mouvemens de la lumière (fig. onzième), qui détermine sa vitesse, mais uniquement l'ouverture de cet angle ACB , égal à bcA , ou la ligne oblique AV de la direction de AC , ces variations effectives des mouvemens internes lumineux, quoique constantes, n'apporteraient encore nul changement au rapport absolu des vitesses. Et comme d'ailleurs la lumière réciproquement, se rapprochant ou s'écartant par sa réfraction de la ligne plus directe de la perpendiculaire, s'infléchit dans tous les corps denses par un chemin plus court, et par un plus long au contraire dans les corps rares, selon précisément la même proportion suivant laquelle s'accroît ou diminue l'angle de ses petits mouvemens intérieurs, son chemin total devenant ainsi plus abrégé comme sa vitesse absolue se ralentit, ou s'augmentant de même comme sa célérité augmente, l'espace entier du temps que devra employer la lumière pour traverser un milieu quelconque RS , dense ou rare, soit que les rayons s'y réfractent par un plus long chemin VU , ou par un plus court VY (fig. 11 *bis*),

sera le même constamment que si elle n'y eût souffert en effet aucune réfraction. Ainsi, la vitesse totale de la lumière, par la longueur proportionnelle de ses chemins, *est toujours exactement la même dans les différens milieux*; et ses rayons ardens si rapides, quelle que puisse être leur réfraction très diverse, devront tous traverser en le même temps la même étendue RS de l'espace. Cet exact équilibre des célérités du rayon, si conforme à la simplicité de la nature, ne serait point, si la transmission de la lumière se faisait en la plus considérable abondance par l'alternative de l'impulsion de son mouvement inverse, puisque dans cet autre cas le chemin total des rayons se trouverait plus court précisément comme sa vitesse absolue (art. 44) deviendrait plus forte; ce qui ne laisserait pas que de produire dans les phénomènes lumineux une irrégularité bien sensible. Mais pour éclaircir cette matière et mieux confirmer l'analyse, examinons ce que l'expérience nous apprend sur la grandeur effective de ces petits angles intérieurs.

52. L'exact Newton ayant mesuré, dans ses observations septième et dix-neuvième sur les verres objectifs et les bulles de savon, les diamètres apparens des anneaux colorés à des obliquités différentes des rayons visuels, trouva que la grandeur relative des intervalles des pulsions, conséquence de la grandeur des angles des répercussions lumineuses.

(art. 43), paraissait s'accroître progressivement par l'obliquité de l'incidence, dans un certain rapport, qu'il entreprit de déterminer, avec l'accroissement que recevait de cette obliquité l'angle de la réfraction de la lumière. Cette augmentation de grandeur dans les intervalles des accès, selon sa remarque, était de beaucoup plus considérable et plus sensible lorsque la réfraction avait lieu dans un milieu plus rare, où le sinus de la réfraction est plus grand que le sinus de l'incidence, et devenait au contraire beaucoup plus faible et bien moins marquée, lorsque la réfraction se faisait dans un milieu, dont le sinus de la réfraction fût moindre; et l'importance de cet accroissement des pulsions dans les milieux divers, devait aussi être plus grande naturellement dans le premier cas, d'autant que le milieu où la lumière passait différait davantage du premier en puissance réfractive, l'augmentation des angles de la réfraction se faisant alors selon une proportion toujours plus forte, et elle devenait réciproquement plus faible et moins sensible dans l'autre cas, du passage des rayons à un milieu dense. Ainsi cet accroissement, dans l'expérience des verres, fut reconnu de vingt-quatre fois plus considérable que dans l'épreuve qui en fut faite ensuite sur la bulle de savon; l'observateur ayant supputé dans la première expérience, que l'épaisseur de la couche de l'air qui réfléchissait l'une des couleurs simples du prisme,

paraissait, à une obliquité considérable, douze fois plus forte que quand il regardait cette même couleur perpendiculairement, au lieu que, dans les bulles de savon, l'augmentation la plus grande n'allait pas à plus de moitié de l'épaisseur ordinaire, c'est-à-dire à peu près dans la proportion de dix à quinze.

Ces calculs d'un habile géomètre ne me paraissent pas s'écarter beaucoup de nos principes, si l'on fait d'abord abstraction de ce qui semble, comme je l'ai dit (art. 43), ne devoir s'attribuer dans le vrai, qu'à un effet d'optique très ordinaire, résultat de la propriété générale qu'ont les surfaces obliques de grossir par leur action réfractante l'image des objets. La proportion en effet que ces calculs, s'il ne les fallait vraiment rapporter qu'à la propagation intérieure, indiqueraient dans les intervalles des pulsions aux obliquités différentes de l'incidence, est manifestement trop grande de beaucoup, puisqu'il s'ensuivrait ainsi que les grandeurs réelles de ces pulsions, par l'obliquité de la transmission lumineuse, pourraient même devenir décuples et bien au-delà; et un tel accroissement, que nous ne voyons pas qu'on puisse justifier en aucune sorte, paraîtra par la proposition suivante, où les ouvertures véritables des petits angles intérieurs sont appréciées, absolument impossible, à moins qu'on ne vienne toutefois à démontrer bien clairement, que les mouvemens successifs des rayons se dussent accroître à

un si haut point dans les mêmes milieux. Mais quoique, ainsi que l'annonçait déjà le *quarante-unième* article, la considération des lumières simples, où l'on observe que celles qui contractent dans la réfraction les angles intérieurs les plus ouverts, ont aussi les plus grands mouvemens, rende naturellement probable l'opinion, que les petits mouvemens de la lumière, qui ont d'ailleurs, à ce qu'il nous paraît, par la théorie de cette proposition troisième, dans une certaine force d'élasticité qui la propage dans l'intérieur des milieux (art. 45), l'un des principes effectifs de leur grandeur, ne sont pas les mêmes véritablement pour les mêmes rayons et dans les mêmes milieux à de différentes réfractions, cette seule considération cependant ne nous montre pas encore sans contredit, que la variation de ces mouvemens se puisse faire dans une aussi notable disproportion, que celle qui devrait résulter nécessairement des évaluations de Newton.

Du reste, le phénomène de cette contraction et de cette dilatation respective des angles intérieurs du mouvement, que notre théorie établit, d'après le corollaire troisième de la proposition seconde, entre les rayons qui se réfractent dans les mêmes milieux transparens à des incidences plus ou moins obliques, et d'où résulte par les articles cités (*quarante-unième* et *quarante-troisième*) l'accroissement ou la diminution des intervalles des accès dans la

lumière, doit avoir sa confirmation manifeste à l'observation douzième de l'expérience de Newton sur le miroir (art. 98); où l'on verra, qu'étant établie une grandeur déterminée des intervalles de ces accès dans un rayon, à une certaine réfraction de ce rayon dans la substance du crystal, cette grandeur devra s'accroître à une réfraction plus forte, ou une transmission plus oblique dans le même milieu, et diminuer au contraire réciproquement par une plus faible réfraction, ou une transmission moins oblique.

* Les principes les plus certains sur lesquels nous croyons en résumé que se pourrait asseoir, dans la supposition préétablie des réfractions intérieures (art. 29), une appréciation réelle des petits mouvemens lumineux, se réduisent purement à ces deux points: que *l'angle des répercussions successives* du rayon réfracté, est l'angle moyen des inflexions de ses deux mouvemens alternatifs (art. 42), suivant la quantité connue de sa transmission par chacun, quantité que détermine naturellement l'obliquité de son incidence à la surface réfringente (art. 48); et que la *grandeur de ses chemins* ou de ses *mouvemens* particls, est proportionnelle, dans chaque milieu, à la grandeur de l'ouverture de cet angle, d'après le rapport comparatif qui se conclut des inflexions des sept lumières colorées (art. 41). Ces deux points exactement fixés dans le rayon, et connaissant d'ailleurs l'ouverture précise de l'angle et la grandeur de ses côtés, qui sont les petits chemins lumineux, à une transmission perpendiculaire, on obtiendrait, ce semble, avec une exactitude très rapprochée, la grandeur réelle des intervalles de ses accès à toutes les autres réfractions du même milieu.

DES RÉFLEXIBILITÉS.

53. De la disposition réflexible de la lumière. — 54. Que la réfraction semble devoir accroître ou diminuer diversement cette disposition. —

55. De l'obliquité où la lumière se réfléchit entièrement sur la surface des milieux, et de la distance effective des petites parties réfringentes qu'ils contiennent.

PROPOSITION IV.

53. Que si l'obliquité du rayon est telle, que l'un de ses mouvemens alternatifs se fasse dans un sens à peu près parallèle à celui de la surface réfringente vers laquelle il se meut, ce rayon doit être réfléchi, et qu'il ne pénétrera point par cette surface.

Car si le mouvement EF d'une partie lumineuse A, quelle qu'elle soit, devenait, par l'obliquité de la direction AF du rayon, si incliné sur la surface réfringente CD (fig. septième), qu'il se fit à très peu près dans un plan parallèle à cette surface elle-même, il est bien certain que cette partie lumineuse ne la pourrait nullement traverser, et partant qu'elle n'y serait point transmise, mais que, réfléchie par cette surface, elle retournerait dans son premier milieu.

COROLLAIRE.

54. Que si les mouvemens intérieurs de la lumière sont réellement tels qu'ils sont représentés au corollaire second de la proposition seconde, tels, je veux dire, qu'ils devraient être s'ils étaient vraiment les résultats de réfractions internes successives (art. 29), *la lumière qui a été transmise obliquement dans un milieu dense, sera devenue ainsi plus réflexible, et dans un milieu rare le sera devenue moins : c'est-à-dire que dans le premier cas elle devra être réfléchie à une obliquité moindre, et au contraire dans le second.*

Car l'angle AEF des répercussions lumineuses devenant plus petit par la réfraction de la lumière dans un milieu dense, suivant les articles *quarante-deuxième* et *quarante-sixième* de cette section et le troisième corollaire de la proposition seconde, l'inclinaison du mouvement EF à la surface est par conséquent plus grande dans les mêmes circonstances, ou à la même direction de la lumière; et c'est l'inverse qui doit arriver, quand la réfraction se fait d'un milieu dense à un milieu plus rare.

Telle semblerait être l'une des causes, *pourquoi* la réflexion de la lumière sur les petites parties des milieux rares qui sont contiguës aux corps denses, comme dans sa transmission du *crystal* au fluide subtil de l'air, est plus forte généralement qu'elle ne paraîtrait devoir être.

Scolie.

55. En supputant, par des observations assez précises, à quelle obliquité de l'incidence la lumière ne serait plus transmise, par exemple, de l'air au crystal, on arriverait à spécifier dans une exacte mesure l'inclinaison du mouvement EF dans le premier milieu; et comme on sait déjà, par les calculs de Newton (art. 40), quels y sont les intervalles des accès, on déduirait de là, par une évaluation très rapprochée, la longueur du mouvement lumineux dans ce fluide, et en même temps la distance de ses petites parties répercutives. Il est vrai que Newton, dans la proposition huitième de son second livre, donne à entendre que la lumière est transmise encore en quantité assez grande de l'air au crystal, à quelque obliquité qu'elle y arrive, *quantumvis obliquè id incidat* : mais cette assertion, assurément trop étendue, ne peut signifier autre chose que la grande inclinaison où la lumière se transmet aisément dans ce milieu; et elle nous prouve seulement, que l'ouverture de l'angle de ses répercussions successives est très considérable dans le fluide rare de l'atmosphère. Pour m'assurer que les rayons réellement, contre le sentiment de ce fameux géomètre, ne pénètrent point dans la substance du crystal à toutes les obliquités qu'ils puissent avoir,

j'ai regardé assez près sur une glace la répétition de la bordure dorée de son cadre, ou de quelque autre petit corps que j'appliquais alors immédiatement sur sa surface polie ; et lorsque l'angle selon lequel s'y réfléchissaient les rayons était moindre qu'environ huit degrés, l'image de la bordure réfléchie était contiguë immédiatement à la bordure même, c'est-à-dire que sa répétition ne se faisait pour lors toute entière que sur la première surface du miroir : tandis qu'à une inclinaison de neuf ou de dix degrés et au-delà, où la lumière se pouvait encore propager de l'air dans le crystal, l'image répétée de la bordure, qui se dépeignait en ce cas, quoique confusément encore, sur l'étamage du miroir, était distante de la bordure même de toute l'épaisseur de la glace. On verra, dans la section suivante, que cette observation s'accorde assez avec les mesures qu'un calcul approximatif nous a fournies des petits mouvemens lumineux.

DE LA RÉFLEXION.

56. Des différens choes de la lumière à son passage dans un nouveau milieu. — 57. Phénomènes de sa répercussion à la première surface du milieu. — 58. Phénomènes de ses répercussions intérieures. — 59. Phénomènes de ses réflexions comparées dans l'air et dans le crystal : explication de l'observation vingt-deuxième du livre second de l'Optique. — 60. Considération générale sur les réflexions; théorie abrégée. — 61. Expérience des deux cristaux qui se touchent : nature des corps cristallisés. — 62. Expérience des deux cristaux très rapprochés. — 63. Explication générale des phénomènes de la bulle de savon. — 64. Des attractions apparentes des milieux réfringens. — 65. Remarque sur la réflexion des corps polis; nature de ces corps. Que les faces des élémens du crystal doivent être planes. — 66. Réfutation de l'opinion de Newton, qui attribuait la réflexion aux alternatives du mouvement lumineux.

PROPOSITION V.

56. *Que la réflexion de la lumière, lorsqu'elle passe d'un milieu à un autre, est proportionnelle à l'inégalité de la résistance qu'elle éprouve ces différens milieux. Eæ corporum pellucidorum superficies plurimum luminis reflectunt.... quæ inter talia interjectæ sunt media quorum densitates refractivæ inter se maximè differunt; et in confinibus mediorum æqualiter refringentium, nulla est reflexio. NEWTON. Opt., liv. 2, prop. 1.*

Lorsqu'un rayon de lumière vient frapper sur la première surface d'un milieu différent de celui où il se propageait, il y rencontre des passages intérieurs

différens : ou bien ces passages sont plus étroits , et la lumière doit heurter sur la quantité excédante des parties dont leurs ouvertures se composent , et qui la partagent en de plus petits faisceaux ; ou bien ils sont au contraire plus spacieux , et les petits faisceaux qu'avait contractés la lumière dans le premier milieu d'où elle sort , venant à se joindre et s'entre-choquer l'un l'autre à l'endroit où sont les manques occasionés par la densité moindre du second , paraissent alors se devoir gêner mutuellement , et se contrarier dans leur course. Car si la partie réfringente sur laquelle au point F se devraient répercuter , si elles poursuivaient leur même course dans le même milieu , les deux particules lumineuses qui se meuvent dans les directions EF et NF (fig. sixième) , venait par exemple à manquer , il est inevitable que ces deux particules se devraient heurter réciproquement ; et cette contrariété mutuelle dans leurs mouvemens ne semble pas être un obstacle moindre à leur propagation , que l'ouverture plus étroite des passages où dans le premier cas elles se devraient propager. Ainsi la lumière , dans sa propagation à un nouveau milieu , si ce milieu est plus rare , semble se devoir elle-même contrarier dans ses mouvemens intérieurs , et se briser par le propre choc de ses parties ; et s'il est plus dense , elle a dû être brisée par la quantité excédante des molécules inflexissantes qu'elle a rencontrées dans ce nouveau

milieu. C'est du moins tout ce qu'on peut dire ici en général de ce phénomène. Mais la première et l'essentielle cause en est purement, comme nous nous proposons de le montrer dans une autre section de cet ouvrage, en la diversité sensible des chemins que la lumière rencontre à son passage dans un différent milieu, la disposition des particules qui la doivent propager dans ce milieu ne s'accordant plus avec celle des autres parties réfringentes du premier milieu dont elle sort.

57. De quelque manière, au reste, que doive agir sur la lumière cette inégalité qu'elle éprouve dans ses chemins lorsqu'elle a changé de milieu, inégalité que les phénomènes nous persuadent être la vraie cause de la réflexion qui s'opère à chacun de ces changemens intérieurs, il est certain que ses subtils rayons, se venant heurter sur les particules réfringentes du nouveau milieu qu'elle rencontre, en sont renvoyés diversement selon leurs diverses incidences (art. 46), les uns se transmettant par sa surface, et les autres au contraire s'y réfléchissant en une inégale proportion, suivant la résistance plus ou moins forte de ce milieu, ou la quantité de ses petites parties internes et répercussives, ainsi que déjà il a été expliqué dans les théories de la proposition première de l'Analyse : c'est-à-dire qu'il n'y a de transmis dans le milieu que ceux de ces rayons incidens qui viennent choquer dans un sens con-

venable les parties infléchissantes de sa superficie, et que les divers autres qui se brisent sur les faces supérieures de ces parties, tels que sont ceux qui se meuvent dans les directions de aC , bD et cD (fig. troisième), renvoyés en arrière par cette direction de leur choc, sont réfléchis dans leur premier milieu.

Les faits qui établissent d'une manière évidente la certitude de la proposition première, seraient bien seuls suffisans pour constater, dans les répercussions de la lumière à son émission dans un nouveau milieu, cette inégalité sensible de laquelle dépendent, comme nous l'estimons, les réflexions constantes des faisceaux lumineux. Car le phénomène de la transmission de la lumière dans les intervalles poreux des corps diaphanes, ne paraissant pas à la raison différer en aucun point essentiel de son passage entre deux corps solides très rapprochés, et l'expérience démontrant, par la conséquence de l'action infléchissante de ces corps (art. 17), de laquelle se déduit précisément, avec les règles communes de l'inflexion, la loi générale de la réfraction suivant la perpendiculaire, que ces deux phénomènes ont véritablement la même cause; cette proposition, qui est fondée sur les inflexions lumineuses et en tire ses preuves, se peut appliquer très bien avec toute la même force et avec la même certitude au phénomène naturel de la transmission. D'ailleurs, l'inflexion que le rayon subit dans cette

transmission à la première surface du milieu, est une preuve assez forte d'une inégalité très réelle dans ses mouvemens. Cependant, comme cette inflexion remarquable de sa course ne se manifeste qu'à une incidence oblique sur la surface réfringente, j'ajouterai encore à cette preuve, que la rupture du rayon par ses chocs inégaux sur cette surface, et le changement d'état d'être qui en résulte à son passage dans le nouveau milieu, se reconnaissent surtout dans une victorieuse évidence par ce fait, que les expériences de Newton nous démontrent : que les faisceaux de la lumière, à leur entrée dans un milieu nouveau qui les propage, prennent véritablement une nouvelle forme, laquelle est telle, que tous les rayons, à ce même point de leur entrée, se trouvent précisément recommencer avec leur nouvelle course un nouvel ordre de leurs alternatives lumineuses. Car, sans avoir égard à celles des parties de la lumière qui seraient transmises par l'accès inverse de leur mouvement, l'alternative de leur plus facile transmission se prolongeant selon toute la ligne AC (fig. sixième), les divers rayons, dans le moment où ils seront venus à se transmettre, se pourraient rencontrer indifféremment à de divers points de cette ligne, les uns plus haut et les autres plus bas, ce qui produirait, dans les phénomènes des couleurs que Newton rapporte, de sensibles variations ; et ils n'en ont aucune. S'il en pouvait être autrement,

la proportion que cet auteur détermine dans les intervalles des accès, et par suite dans les distances respectives des couleurs que l'expérience lui fit voir, ne serait point si constante ni si uniforme à toutes les positions possibles : mais le premier accès de la réflexion se devrait quelquefois manifester plus tôt et quelquefois plus tard, suivant que les rayons transmis dans la matière réfléchissante, le seraient à un point plus élevé ou plus bas de leur alternative AC. Ce changement intérieur qui s'opère alors dans tout le faisceau du rayon, était d'ailleurs évidemment nécessaire à l'effet de cette action réciproque de ses corpuscules entre eux, d'où il devait résulter, par les *quarante-unième* et *quarante-deuxième* articles, une impulsion moyenne qui fût commune à chacun, et un même **mouvement** progressif.

Il faut donc concevoir que c'est dans la révolution, si je puis ainsi m'exprimer, qui amène ce changement effectif de forme dans le rayon, que se fait par la réflexion une perte sensible de la lumière, proportionnée à la grandeur réelle de ce changement que ses faisceaux doivent subir, c'est-à-dire à la différence des résistances intérieures des deux milieux réfringens. La cause réelle et efficiente des réflexions de la lumière dans sa propagation à des milieux nouveaux, est donc, comme nous l'avons assignée, *l'inégalité qu'elle éprouve dans ses mou-*

vemens , par la diversité des passages que sa matière rencontre en ces mêmes milieux , cette inégalité , qui interrompt , en quelque manière d'ailleurs que ce puisse être , l'uniformité de sa course , occasionnant la dispersion inégale des faisceaux rompus de ses rayons.

58. Mais quand une fois la lumière a été introduite dans les passages intérieurs du nouveau milieu , et par ce changement d'état d'être s'est conformée à son intime nature , comme les mouvemens de ses rayons transmis , appropriés à ces passages , se trouvent alors en une harmonie exacte avec les intervalles des petites parties du milieu , on pourrait croire , si les mêmes principes devaient expliquer également ~~et~~ la propagation intérieure et la réfraction (art. 29), que les rayons ne heurtent plus sur les faces supérieures de ces petites parties infléchissantes , qui les pourraient détourner par une répercussion rétrograde et les faire réfléchir; mais que , pour lors , par une disposition particulière déjà observée dans les milieux réfringens , qui , comme s'ils cédaient et se comprimaient par le choc des particules lumineuses , les renvoient toutes , par la proposition troisième (art. 45), selon le sens direct de leur mouvement , ils se viennent constamment heurter sur les côtés de ces parties internes du milieu , qui les transmettent à quelque point ultérieur plus avancé dans la direction de leur

mouvement; et que celles des particules lumineuses qui seraient peut-être détournées quelque peu par quelque inégalité de ces surfaces répercutantes, quoique toujours néanmoins dans le même sens de leur mouvement progressif, paraissant comme rappelées et entraînées chaque fois dans la commune direction des plus abondantes, par la grande force de l'attraction que toutes ces particules ont entre elles, et dont alors, le milieu toujours restant le même, aucune inégalité de résistance ne trouble ni n'interrompt les effets, tous les rayons dans une constante uniformité, ainsi que l'expérience le prouve, comme s'ils avaient tous sur une surface semblable et parfaitement plane une égale incidence, sont répercutés sur chacune des surfaces intérieures de ce même milieu avec le même angle de leur mouvement. Car si un rayon au point D (fig. sixième), pouvait être renvoyé dans son choc par un autre angle que BDE, soit, je suppose, par l'angle BDM, il y aurait donc de l'inégalité dans les accès lumineux (art. 45); ce qui n'est pas. Mais il faut plutôt reconnaître, comme la suite de cet ouvrage le doit montrer, que cette uniformité si constante de la propagation intérieure ne peut venir essentiellement que d'une certaine disposition intime des molécules réfringentes, qui coïncide et qui s'accorde avec les motions naturelles de la lumière. C'est là ce qui fait que les rayons se répercu-

tant toujours dans le même milieu avec le même angle, il doit être de nécessité immanquable, que ceux qui, par leur première répercussion sur ses parties, y ont d'abord été transmis, le soient de même sans aucune difficulté par toutes les autres, toutes les fois assurément que nulle inégalité, et il n'y aura d'inégalité que dans un changement de milieu, ne troublera point l'état d'être ou la disposition motrice du rayon. La cause apparente de la réflexion insensible de la lumière dans sa propagation au même milieu, est donc que *ses passages y demeurant les mêmes, elle n'y éprouve dans ses mouvemens progressifs aucune inégalité effective*; de même que la cause de sa réflexion est l'inégalité réelle qu'elle rencontre à ses passages en de différens milieux (art. 57). Et en effet, toutes les parties de la lumière supportant à chacun de leurs chocs dans le même milieu le même effet de sa résistance, il n'y a certes aucune raison pour que celles qui une fois y ont été transmises, ne doivent continuer toujours de s'y transmettre.

Mais s'il n'y a jamais dans cette propagation de la lumière dans les mêmes milieux nulle réflexion, si faible qu'elle soit, des particules lumineuses hors de leur course directe, par quelque inégalité des parties répercutantes de ces milieux, ou peut-être par de subtiles vapeurs étrangères qui s'y peuvent quelquefois rencontrer; il est clair qu'un rayon,

que je suppose se propager à travers une chambre très obscure, et frapper perpendiculairement sur un miroir, dont la répercussion le renvoie vers l'ouverture d'où il vient, sans la faible lumière que ce miroir, d'après le *quarante-sixième* article, disperse en tous les sens, ne répandrait dans la chambre aucune clarté, et ne deviendrait même visible que lorsqu'on serait placé tout-à-fait dans sa direction même. Ainsi, quand les rayons du soleil traversent une salle, la trace lumineuse de leur passage ne se manifeste point à la vue par de petits atomes de lumière qui se détourneraient çà et là de leur masse directe, mais par ceux-là seuls, comme il est plus probable, qui, réfléchis des divers points de la salle, sont interceptés par leur rapide torrent, qui les fait rejaillir. Nous n'assertons point cependant qu'il n'y ait point du tout quelque perte ou quelque dispersion de la lumière dans sa propagation en un même milieu, mais seulement, comme l'établit Newton à la proposition première de son second livre, que la réflexion y est insensible. Si la lumière ne supportait vraiment aucune perte autrement que dans ses changemens de milieu, pourquoi donc un crystal poli perdrait-il toujours de sa limpide transparence, et une glace de sa blancheur et de sa pureté, lorsque l'épaisseur de leur masse devient plus forte? Et d'où pourrait venir la chaleur que ces cristaux conçoivent à la lumière?

Il paraîtrait donc qu'il y a toujours quelque partie effective du rayon, quoique bien faible et bien insensible, qui est détournée de la masse totale du faisceau par les répercussions ou les froissemens intérieurs, sinon par une conséquence de quelque inégalité dans ces chocs, du moins, comme on le fera voir, par l'immanquable perte du mouvement que leur multitude répétée doit inévitablement causer peu à peu dans les motions du rayon ; et de là vient la chaleur que conçoivent, comme toutes les substances, les corps transparens à la lumière.

59. Si la réflexion a sa cause dans l'inégalité de la résistance des milieux divers, non-seulement elle doit être plus forte entre des milieux réfringens plus inégaux, comme le brillant reflet du diamant, qui a son origine dans ce principe, suffirait bien sans doute pour le démontrer, de même aussi que la plus grande faiblesse des couleurs qu'on éprouve à l'expérience des verres objectifs de télescope (art. 10), quand leurs intervalles, au lieu d'air, étant remplis d'eau, l'inégalité des résistances devient moindre entre les milieux contigus : mais elle doit encore être la même dans la propagation de la lumière du crystal à l'atmosphère de l'air, que dans sa transmission opposée de ce fluide à la substance du crystal ; et c'est aussi ce que l'expérience nous enseigne. Car, dans les réflexions multipliées d'un miroir, que nous avons fait connaître au *sixième* article de l'instruction préli-

minaire de ce traité , la seconde image que produisent les petites parties lumineuses que la résistance de l'air , à l'émergence du rayon direct réfléchi , a fait retourner dans le miroir , et qui y subissent une seconde réflexion sur son étamage , n'est guère moindre que l'image primitive que produit , sur la première surface de ce miroir , cette partie du rayon que la résistance naturelle du crystal a empêchée d'y pénétrer ; et cette seconde image , sans contredit , devait être moindre quelque peu , puisque d'abord le rayon primitif réfracté était diminué déjà de toutes celles des petites parties lumineuses , qui , réfléchies sur la première surface du miroir , n'y pénétrèrent point , et que celles ensuite qui , par un premier effet de la résistance de l'air extérieur , à l'émergence de ce même rayon réfléchi , furent repoussés primitivement dans le miroir , n'en sortirent point toutes après leur seconde réflexion , mais que plusieurs , par un second effet de la même résistance de l'air , furent renvoyées encore sur le tain , où elles dépeignirent une troisième image , et celle-ci même quelquefois une quatrième.

Cette réflexion de la lumière par la résistance du fluide subtil aérien se manifeste encore dans plusieurs faits , et spécialement dans les expériences d'une bulle d'eau de savon inspirée d'air , et dans les observations , sur les lames de mica et sur le miroir ardent non étamé , que Newton rapporte aux articles

vingt-unième de la première partie et septième de la quatrième de son second livre, en toutes lesquelles le phénomène de la réflexion des couleurs est occasioné visiblement par la résistance naturelle de l'atmosphère. Cet illustre auteur prétend même à la proposition huitième de ce même livre, sans produire néanmoins la moindre preuve de cette assertion hasardée, que la réflexion est souvent plus forte, *imò verò aliquantò fortior*, pour les rayons qui pénètrent de la substance compacte du verre au fluide aérien, que pour ceux qui, de ce même fluide, viendraient se propager dans le verre. Il s'était peut-être établi dans cette opinion que nous estimons fort douteuse par l'observation vingt-deuxième du second livre de son Optique, où il vérifia sur de petites lames de verre réduites à une ténuité assez grande, en comparant les couleurs qu'elles manifestaient à celles que les verres objectifs faisaient voir dans la lame d'air interposée, « qu'un mince corps transparent » qui est plus dense que le milieu qui l'environne, fait » paraître des couleurs plus claires et plus brillantes, » que celui qui serait plus rare dans la même portion que le milieu environnant. » Mais cette différence dans la vivacité des couleurs, qu'il reconut plus belles et plus brillantes dans les corps denses et compactes que dans les substances rares, ne me paraît avoir sa vraie origine que dans la nature différente des réfractions que ces divers corps font subir

à la lumière , ces réfractions étant cause , que pour peu que les deux surfaces réfringentes soient inclinées l'une à l'autre , et elles le sont toujours nécessairement , selon l'article *cinquantième* , dans ces sortes de lames , un plus grand nombre de rayons peuvent se réfracter dans l'intérieur du crystal , qu'il n'en peut ensuite ressortir pour traverser dans l'air ; car tous les rayons dont l'obliquité dans le verre sera plus grande que quarante ou quarante et un degrés sur sa surface inférieure , ne pourront nullement être transmis de cette même surface dans l'atmosphère , mais ils s'y devront évidemment réfléchir et retourner dans le crystal , puisque l'angle de la réfraction qui correspondrait à la mesure de cette incidence du rayon , serait plus grand que n'est l'angle droit ; ce qui est impossible. Et l'on peut encore ajouter à cette considération le principe général de la réflexibilité plus grande de la lumière par sa réfraction dans les corps denses , que le corollaire de la proposition précédente a déduit de la constitution des petits mouvemens lumineux (art. 54). Ainsi il est certain en général que plus de rayons pour ces diverses causes s'introduisant dans la masse intérieure du crystal , qu'il ne s'en peut vraiment propager à travers sa substance , puisqu'il y en aura de la sorte un plus grand nombre qui seront réfléchis sur sa surface inférieure , il ne pourra manquer d'arriver que les couleurs que ces rayons réfléchis feront paraître , se-

ront plus vives aussi et plus éclatantes à proportion. Cette observation de Newton ne prouve donc point, non plus que toutes les autres du même genre qu'on y pourrait ajouter, que les corps denses aient en effet une attraction plus forte pour la lumière, ou que les milieux les plus rares, sur lesquels en ces cas la réflexion se devrait faire, aient en aucune sorte plus de puissance réflexible, comme il semblerait que cet auteur aurait eu dessein de l'insinuer à la proposition première et à la huitième de son second livre de l'Optique; car il n'y a dans le vrai, en tous ces faits, qu'une simple conséquence de la nature particulière de la réfraction. Cette conclusion, d'ailleurs, qu'on prétendrait faussement en tirer, est contredite par les observations que nous venons de rappeler au commencement de cet article, sur les images répétées qui se dépeignent dans le crystal d'un miroir.

Scolie général.

60. De même que la lumière se disperse en tous les sens sur les surfaces rompues et inégalement inclinées des corps rudes et opaques, ainsi l'on a vu qu'elle se réfléchit dans les corps diaphanes lorsqu'elle éprouve, dans sa transmission en ces corps, quelque inégalité de résistance; et ces réflexions, si elles se succèdent fréquemment et en assez grand nombre, doi-

vent amener peu à peu la dispersion totale des rayons et l'opacité de ces corps. On l'expérimente sur plusieurs lames polies de crystal, qui disposées dans l'air à quelque distance l'une de l'autre, sont fort peu transparentes, par l'inégalité trop forte qui se rencontre entre les réfractions des deux milieux contigus du crystal et de l'air, mais qui le deviennent sensiblement lorsqu'on remplit d'eau leurs intervalles. Et de même, lorsque deux cristaux bien limpides se touchent immédiatement, il n'y a point entre eux de réflexion, et la transparence est aussi pure et aussi complète que s'ils ne formaient dans la réalité qu'un seul crystal; parce que la puissance réfractive en tous les deux demeure naturellement toujours la même.

On a assigné la raison physique de ces divers faits: il est aisé de la sentir. La lumière qui a été transmise une fois par une première répercussion dans un milieu quelconque homogène ou transparent (art. 23, sc.), avait donc acquis le mouvement ou le degré d'obliquité nécessaire pour traverser dans ses pores, c'est-à-dire pour être transmise ou renvoyée de plus en plus avant, dans son intérieur, par les chocs successifs des parties réfringentes de ce milieu; car autrement elle n'y aurait point pénétré. Or, comme chacune des surfaces intérieures agit sur elle avec une puissance égale, toute la substance du corps étant homogène, la lumière les frappant toutes avec la même obliquité, et en éprouvant le même effet

de leur résistance, elle en doit franchir toute la masse avec une facilité égale de s'y mouvoir, et même sans qu'il paraisse qu'elle y doive subir dans sa course aucune réflexion nouvelle, sinon peut-être une très faible, qu'il est impossible d'apprécier, et qui peut venir des chocs ou des froissemens de quelques parties étrangères à la matière primitive qui la propage. Mais lorsque cette lumière vient à passer dans un autre milieu transparent, dont la puissance réfractive est différente, la nature du mouvement progressif qu'elle avait dans le premier milieu d'où elle sort, ne convenant plus aux passages que celui-ci lui présente, il doit s'en réfléchir une partie; et l'abondance de ces rayons réfléchis doit être constamment en raison de la diversité des ouvertures que ces milieux laissent à la lumière. C'est ainsi que la réflexion lumineuse sur un corps quelconque, est aussi forte, et ne l'est pas moins, lorsque les rayons sortent de ce corps pour repasser dans leur premier milieu, que lorsqu'ils ont pénétré d'abord dans sa substance, et qu'elle est toujours en général selon le rapport de l'inégalité des réfractions entre les deux milieux. Et si l'on demande maintenant, d'où vient qu'elle est constamment dans ce rapport, et point du tout en raison de la dureté ou de la densité plus ou moins grande de ces milieux, pourquoi elle est aussi forte sur l'air pour les rayons qui lui parviennent du crystal, que sur le crystal pour les rayons

qui viennent de l'air; j'estime que cela procède de la même cause, inexpliquée des newtoniens, qui fait que tous les corps quelconques, même les plus rares, de quelque nature et de quelque matière qu'ils se composent, remplissent avec une plénitude égale l'espace entier qui les contient (P. N. art. 246), et qu'un ballon, par exemple, est rempli aussi parfaitement de l'air inflammable le plus léger, que du compacte mercure, qui est plus dur et plus pesant de beaucoup.

64. Newton, dans la persuasion où ses expériences l'avaient mis, que les réflexions de la lumière ne se font pas par une résistance toute mécanique des parties solides des corps, mais par une certaine force, qu'il ne put définir, répandue uniformément, selon lui, sur toute la surface réfléchissante, et agissant sans aucun contact immédiat du corps réflecteur au rayon, *ut tamen illum non contingat immediate*, oppose aux théories cartésiennes plusieurs difficultés essentielles, qu'il ne sera pas sans utilité d'expliquer ici par ordre et en peu de mots.

La transparence de deux cristaux qui se touchent, arrêtant d'abord son attention, il demande, « pour-
» quoi les rayons ne se heurteraient pas aussi bien
» contre les parties contigues du crystal, que contre
» celles de l'air » ou de tout autre milieu qui les avoisinât (Liv. 2, prop. 8, *obj.* 4). C'est demander pourquoi la réflexion est nulle dans la propagation

de la lumière dans le même milieu ; car les rayons arrivant sur le second crystal avec le même ordre de leurs alternatives qu'ils observaient dans la substance du premier, qui les transmettait tous sans réflexion, et en éprouvant le même effet de sa résistance, c'est-à-dire, s'y répercutant avec le même angle et le même mouvement intérieur, pour quelle raison ne devraient-ils point se transmettre dans ce second verre, avec autant de facilité, et une réflexion ni plus ni moins sensible que dans le premier ? Certainement, puisque l'action du second verre est égale, un égal effet en doit constamment résulter. Cela nous montre seulement que ces sortes de corps qu'on voit perméables à la lumière, et peut-être tous les corps quelconques en général, sont par la conformation de leurs petites parties intégrantes d'une telle nature, que deux morceaux d'un même corps étant polis parfaitement et bien appliqués l'un sur l'autre, celles de leurs particules diverses par lesquelles ils se touchent, de quelque manière que les deux morceaux soient placés, ont toujours naturellement, les unes à l'égard des autres, la même position respective qu'ont entre elles toutes les particules composantes de chacun de ces deux morceaux pris à part ; soit qu'elles ne se peuvent en effet bien joindre et bien toucher immédiatement que dans une semblable position ; soit plutôt que la force de l'attraction dont elles agissent l'une sur l'autre, soit cause qu'elles

doivent prendre nécessairement en se touchant cette même position respective, qui est évidemment celle qui convient le mieux à la nature spéciale de leur conformation, puisque c'est toujours de la sorte dans la réalité qu'elles se rapprochent et se consolident ensemble (art. 23, sc.) dans l'opération naturelle qui les cristallise.

62. La seconde difficulté que propose Newton, à la question vingt-neuvième de son Optique, se tire du phénomène des couleurs que les verres de télescope nous présentent (art. 10) : « Si l'on approche, dit-il, l'un de l'autre deux de ces verres, dont le premier soit aplati d'un côté, et l'autre convexe quelque peu, de manière qu'ils ne se touchent point tout-à-fait, et cependant qu'ils ne soient point trop distans, le rayon qui sera transmis par le premier verre, à l'endroit où il n'est distant du second que d'une millionième partie du pouce, traversera dans l'air ou dans le vide [éthéré] qui les sépare, et entrera dans le second crystal; au lieu que, si celui-ci est retiré, il retracera de nouveau dans le premier verre, et se réfléchira en partie. » Ce qu'il appuie principalement sur des observations très délicates qu'il a faites, à l'article huitième de son second livre, sur le cercle noir qui paraît dans le milieu des deux verres et à l'endroit où ils se touchent, lesquelles prouvent que la transparence de ces verres n'a point lieu seulement à ce point

même de leur contact, mais encore à quelque intervalle au-delà.

Sans même qu'il soit besoin, pour expliquer ce phénomène, de recourir à la théorie des accès d'une réflexion et d'une transmission alternative de la lumière dans sa propagation intérieure (art. 49), il suffirait encore, pour que la difficulté s'évanouit d'abord par elle-même, de considérer seulement que les chocs lumineux dans le crystal se répètent, par le *quarantième* article, à des distances à peu près d'une deux cent soixante et quinze millième partie de pouce, et que les intervalles de ces répercussions sont plus grands encore nécessairement dans le fluide aérien, et plus grands sans doute dans l'éther, en proportion de leur puissance réfractive plus faible, ces liqueurs rares et très compressibles cédant avec facilité, par leur propriété élastique, à la force motrice de la lumière (art. 45). Car on concevra alors aisément, que l'air, dans un espace aussi resserré qu'est une millionième partie de la mesure du pouce, qui fait à peine le quart de la distance où se répercute dans ce fluide par ses accès uniformes le faisceau lumineux, ne doit agir que bien faiblement sur les torrens rapides de la lumière, et qu'il n'est guère capable dans le vrai d'y causer par sa résistance quelque réflexion bien sensible; et cette explication de l'extrême faiblesse des rayons réfléchis à cette petite distance des surfaces, deviendra évi-

dente et suffisamment constatée par le seul fait du phénomène d'attraction que nous présentent journellement les tuyaux capillaires, où nous voyons que l'air, en de petits espaces, perd entièrement l'action de sa puissance naturelle de pesanteur. Et pour ce qui est aussi du fluide éthéré, on peut dire que son action est la même dans un intervalle d'une millionième partie du pouce, que dans les pores mêmes du crystal, qui paraissent au moins aussi spacieux. Mais l'article suivant donnera encore une explication plus précise de ce phénomène.

63. Les degrés différens des réflexibilités des sept rayons homogènes fournissent aussi au géomètre anglais une objection spécieuse contre les théories d'une répercussion toute simple de la lumière. Car ayant reconnu, par les expériences mentionnées au huitième article de ce traité, « qu'à la même obliquité où tous les rayons bleus sont réfléchis dans la substance du crystal, les rayons rouges y sont transmis cependant en un assez grand nombre », il demande, en supposant que la réflexion ait son principe véritable dans la rencontre naturelle des rayons sur les particules solides des divers corps, qu'on lui fasse voir pourquoi, « à une seule et même obliquité, les rayons bleus devraient heurter tous en totalité sur ces particules solides, tandis que les rouges à ces mêmes endroits rencontreraient néanmoins assez de passages pour y

« être transmis » (Liv. 2, prop. 8, *obj.* 3). L'explication de ce fait, qui même a été contesté (art. 8), et n'est d'ailleurs que la conséquence simple du principe de la proposition quatrième, devant avoir sa place tout naturellement dans la section qui va suivre, nous ne croyons pas nécessaire de nous y arrêter ici davantage.

Mais il ne sera pas hors de propos de fixer un instant notre attention sur les autres faits que Newton objecte encore en cet endroit, et qui tirés, de même que celui-ci, du phénomène des couleurs, s'expliquent ainsi que lui par la nature des accès, d'après les théories qui sont enseignées ci-dessus au corollaire de la proposition troisième, et au *quarante-huitième* article en particulier. Cet auteur remarque, en premier lieu, aux cinquième et sixième paragraphes de la proposition citée, que le sommet d'une bulle d'eau de savon gonflée d'air, lorsqu'elle est réduite à une ténuité extrême par les écoulemens successifs de l'eau, ne réfléchit à l'œil presque nulle clarté et paraît très noir, tandis que dans ce même temps, aux endroits où l'épaisseur de l'eau est plus considérable quelque peu, la réflexion du jour est si forte que la bulle en paraît toute blanche, *ut aquam valdè albam exhiberet*; et ensuite que cette même bulle, ainsi que l'air entre les verres objectifs de télescope, réfléchit à de différentes épaisseurs une intensité différente de la lumière. Pour le premier de ces

phénomènes, il est visiblement de même origine que la transparence que nous venons d'observer précédemment à leur point de contact entre les deux verres de télescope (art. 62) : c'est-à-dire que d'abord, à une aussi grande ténuité, la matière de l'eau, qui est très rare, ne peut occasionner qu'une réflexion bien faible de la lumière sur sa superficie, et que les rayons ensuite, qui une fois entrés ne souffrent plus dans sa mince substance aqueuse aucun autre choc, puisqu'ils se conservent, comme la théorie des couleurs le montrera, dans la même alternative de leur motion qu'ils ont contractée en s'y transmettant, arrivant tous en général dans cette même alternative, qui est l'alternative de leur transmission, sur les surfaces de l'air intérieur que la bulle renferme, s'y devront de nécessité transmettre avec une réflexion presque nulle ; au lieu que, si l'épaisseur de la bulle étant plus considérable de quelque peu, les faisceaux du rayon y subissaient intérieurement une répercussion nouvelle qui changeât l'ordre de leurs alternatives motrices, comme ils arriveraient alors sur les parties fluides de l'air intérieur dans leur accès de la réflexion, ils y seraient tous inévitablement réfléchis en très grand nombre. Et de même, les apparences variées des couleurs que réfléchit la bulle à ses épaisseurs différentes, ne sont encore que des effets très simples de ces alternatives que la lumière contracte à son

passage dans un nouveau milieu; et ces effets particuliers de lumière, qui ne s'observent que dans les petits corps, ne se manifestent d'ailleurs, d'après le *cinquantième* article, que dans le seul cas où la rapidité de ses faisceaux se vient briser obliquement sur la seconde surface du milieu : c'est alors que selon celui de leurs accès où se rencontrent le plus grand nombre des rayons qui sont parvenus à cette surface, la lumière est réfléchie ou transmise avec une abondance plus grande et sous de différentes couleurs; et la réflexion peut même par des retours égaux devenir nulle ou totale à très peu près, toutes les fois qu'il arrive, comme à l'observation quinzisième de Newton expliquée au *quarante-huitième* article de cette Analyse, qu'un seul des rayons simples du prisme est soumis isolément à l'expérience des accès. Mais ce phénomène des couleurs qui ne se rencontre, je le répète, que dans les petits corps, et n'est autre chose qu'un simple effet particulier des mouvemens alternatifs de la lumière, ne peut absolument prouver rien, comme bientôt nous le montrerons par de solides preuves, pour les lois générales des réflexions lumineuses. Ces accès eux-mêmes des mouvemens lumineux, par lesquels s'explique, disons-nous, cette réflexion colorée, se déduisent originairement de la proposition troisième; et il reste encore à examiner, pour en éclaircir entièrement le phé-

nomène, si cette espèce de compressibilité élastique que cette proposition nous découvre dans les petites parties réfringentes des milieux, peut convenir également à toutes les particules des corps terrestres en lesquels la lumière se propage si uniformément; recherche qui doit spécialement être l'objet du troisième livre de cette Analyse.

64. A la suite de ces différentes objections contre les systèmes cartésiens, Newton rassemble encore plusieurs circonstances des transmissions lumineuses qui lui paraissent manifestement contredire, en tous leurs points, les théories de la réflexion de la lumière par le choc réel des molécules solides des divers corps. Le premier fait qu'il allègue, que la réflexion des rayons est plus forte dans leur propagation du crystal au fluide éthéré du vide, que dans leur passage de la substance cristalline au fluide de l'air, ne faisant en effet que confirmer le principe général de cette proposition cinquième, je me bornerai présentement à exposer par ordre les autres faits, sans insister davantage sur celui-ci. « Si les rayons, en traversant du verre dans l'air atmosphérique, tombent, dit Newton, plus obliquement que par un angle de quarante ou quarante-un degrés, ils sont réfléchis dans le verre en entier, au lieu que, dans leur passage de l'atmosphère à la substance du crystal, quelle que soit cependant leur obliquité, une grande partie

» en est transmise ; et si la lumière passe de ce
» crystal vers la surface de l'eau , elle sera encore
» transmise en partie à une obliquité de quarante-
» six degrés, où sa réflexion serait totale , si l'air
» remplaçait le liquide » (Liv. 2, prop. 8, obj. 1
et 2). A cette observation générale, l'auteur anglais
ajoute encore dans sa vingt-neuvième question une
expérience plus positive : « Les rayons lumineux,
» observe-t-il, lorsqu'ils parviennent de la surface
» du verre dans le récipient du vide, s'infléchissent
» vers le verre; et s'ils entrent dans le vide trop
» obliquement, ils retournent dans le verre et sont
» réfléchis en entier : mais si la surface postérieure
» du même verre est mouillée d'eau, ou d'une huile
» liquide, ou de miel transparent, les rayons, qui
» autrement seraient réfléchis, poursuivent leur
» course dans ces liqueurs. » Et Newton conclut de
tous ces faits, non-seulement que la lumière n'est
point réfléchie avant qu'elle soit sortie du verre ef-
fectivement, ce qui est à coup sûr incontestable,
mais aussi qu'elle est refoulée et comme rappelée
dans le verre par une certaine force d'attraction
qu'il croit résider en cette substance, et que le vide,
qui, comme il l'estime, n'en a aucune, ne peut ni
contre-balancer ni détruire, tandis que l'eau et les
autres liqueurs transparentes dont on aura enduit le
fond du verre, balançant par une attraction presque
égale cette attraction cristalline, en empêchent

naturellement les effets, et laissent ainsi à la lumière son libre passage à travers leurs humides substances; et c'est l'existence de cette attraction des milieux que nous croyons pouvoir ici contester.

Avant d'imaginer dans les cristaux une force semblable d'attraction qui tire à elle la lumière, il conviendrait d'abord d'examiner si une telle force n'existant pas, la transmission lumineuse serait possible, selon les lois ordinaires de la réfraction, dans tous les cas où l'on prétend que cette même force y porte obstacle. Or, d'après ces seules lois de réfraction, un rayon dont l'incidence serait dans le crystal d'un angle plus ouvert quelque peu que quarante degrés et onze minutes, devrait avoir, dans le milieu contigu de l'atmosphère, un angle correspondant de réfraction plus étendu que l'angle droit, ce qui ne se peut; et la transmission de la lumière deviendra impossible du crystal dans le vide à une inclinaison bien moindre encore sans doute, puisque la puissance de la réfraction du fluide que le vide renferme, est plus faible sensiblement que n'est celle de l'air. Il est de même évident par ces principes, que si l'on approche immédiatement du crystal une substance quelconque, dans laquelle l'angle de la réfraction soit moindre respectivement que n'est le même angle dans le fluide de l'air, la transmission dans cette nouvelle substance deviendra possible à une obliquité où, dans l'air, elle ne le saurait être. On

voit donc bien que toute la cause de ces singuliers phénomènes est dans la nature même de la réfraction lumineuse, et qu'ainsi tout se réduit finalement à démontrer, que la réfraction ait sa cause effective dans l'attraction réelle des milieux en lesquels la lumière se propage; système qui ne s'accorde nullement avec les faits que la section précédente a établis.

Nous concevons que les rayons du soleil, qui en traversant du fluide éthéré dans notre atmosphère aérienne, se sont infléchis vers la perpendiculaire à la surface de ce milieu, venant ensuite à entrer par une incidence oblique dans un milieu plus dense, où ils rencontrent de plus étroits passages, sont plus infléchis encore par l'action répercussive de ce milieu dense, dans la proportion constante comme leurs passages s'y rencontrent naturellement plus resserrés, ainsi que l'exposent et le déterminent les lois de la proposition première de ce livre; et que cette action, soit qu'elle se renouvelle ou qu'elle persiste la même à chaque nouvelle surface intérieure, continue à opérer sur les rayons tant qu'ils poursuivent leur course dans ce milieu. Mais lorsqu'ils arrivent sur une surface où les ouvertures réfringentes se trouvent plus grandes, l'action infléchissante y devenant moindre en la même proportion et leur passage plus libre, ils sont moins détournés aussi de leur course primitive, et doivent par conséquent se rappro-

cher moins de la perpendiculaire, qu'ils ne s'en approchaient dans le précédent milieu; c'est-à-dire qu'ils paraîtront, relativement à leur précédente direction dans le milieu dense, s'éloigner de cette perpendiculaire, et que l'angle de leur réfraction sera plus grand que n'était celui de leur incidence sur la surface; et s'ils arrivent sur ce nouveau milieu si obliquement, que par l'action infléchissante qu'ils y doivent subir, les petits mouvemens de leurs légers corpuscules viennent à se trouver inclinés sur ce milieu, au point qu'ils se fassent même dans un sens parallèle, ou à très peu près, à la direction de ses surfaces réfringentes, leur transmission, par la proposition quatrième, y deviendra évidemment impossible, et ils devront de nécessité se réfléchir dans le précédent milieu. Et je pourrais peut-être observer, pour rendre plus complète encore et plus évidente cette explication des phénomènes réfractifs que Newton propose à l'analyse, que la lumière qui a traversé obliquement un corps dense quelconque, par le corollaire de la proposition citée, paraît être devenue réflexible en s'y réfractant à une inclinaison moindre de son incidence.

65. J'arrive maintenant à la dernière des difficultés qu'oppose Newton, et sans contredit la plus importante, qui est de rechercher la raison de la vertu lumineuse des corps polis; car c'est principalement sur ce fait, duquel il rapprochait sans doute

ses expériences délicates sur le cheveu et sur les deux lames de couteau, analysées à la proposition première, et par-dessus tout son observation, que nous avons expliquée au *soixante-deuxième* article, sur les réflexions insensibles qu'on éprouve à de très petits intervalles entre les deux verres de télescope, ainsi que la remarque que nous venons de faire, que le rayon dont la propagation est devenue impossible dans un milieu nouveau, n'est réfléchi dans le milieu d'où il vient, qu'après en être sorti quelque peu : c'est, disons-nous, sur ces divers faits qu'il asseoit, comme sur un fondement inébranlable, son étrange système de l'action des corps sur la lumière à quelque intervalle réciproque et sans aucun contact immédiat (*corpora pellucida agere in radios luminis per intervallum aliquod interjectum*, Quæst. 29), n'admettant et ne faisant connaître dans cette choquante théorie aucun corps quelconque, qui, si ce n'est pas le corps réfringent lui-même, agissant du moins comme un subtil fluide intermédiaire sur la surface de ce corps, réfléchirait ou transmettrait les rayons par son choc et dans un véritable contact; ce qui alors se pourrait comprendre, et du moins pourtant ne paraîtrait plus improbable : au lieu que la force qui, selon lui, réfléchirait la lumière et la transmettrait sans nulle apparence de contact, est véritablement une qualité occulte, incompréhensible tout-à-fait et inintelli-

gible à la raison. Malgré le respect mérité que nous inspire justement, à tant d'égards, la mémoire de cet homme célèbre, et que l'équité nous fait un devoir de lui rendre, il est vrai pourtant que les forces occultes et incompréhensibles ne peuvent être admises sérieusement dans les sciences physiques.

Voici, du reste, le raisonnement sur lequel cet auteur se fonde. Puisque le poli le plus parfait, objecte-t-il, ne saurait rendre unies et entièrement égales toutes les moindres parties du verre sur la surface que l'on taille, « si la lumière se réfléchit » soit par son choc sur les parties vitreuses, il devrait se faire assurément qu'elle serait dispersée de tous les côtés par le crystal le mieux poli, aussi bien que par le plus rude et inégal. » (Liv. 2, prop. 8.) Avant de discuter toute l'étendue de cette objection essentielle, je ferai, sur la rudesse des corps en général, quelques observations préalables.

Sans doute ce ne peut être la même chose, qu'il reste encore sur le verre peut-être quelque inégalité imperceptible, ou que sa surface soit rude et tout-à-fait raboteuse ; et s'il ne s'agissait que de rendre raison de cette infériorité très sensible de transparence qu'on observe dans les cristaux rudes et inégaux, qui dispersent la lumière en tous les sens, je ferais remarquer que la ténuité extrême de cet élément est si grande, que rencontrant dans les différens corps tant d'espaces vides où il se peut transmettre aisé-

ment, ce n'est jamais, comme nous l'avons déjà expliqué au *soixantième* article, que la multitude des inégalités qu'il supporte dans plusieurs transmissions successives, qui en peut amener peu à peu inmanquablement la dispersion totale par des chocs contraires répétés. Or, la lumière, dans l'espace d'un pouce de crystal, souffrant, d'après l'article deuxième de cette section, environ deux cent soixante et quinze mille chocs qui la répercutent successivement, elle en devra éprouver dans la centième partie de ligne à peu près deux cent vingt-deux (222), et elle subira dans cet espace autant de réflexions et de disséminemens successifs qu'elle se transmettra en de différens milieux (prop. 5) : c'est-à-dire que si elle ne sort pas du milieu où son inflexion première se sera faite, comme il arrivera si le crystal qui la reçoit est parfaitement poli, elle ne devra subir dans sa course qu'une réflexion unique; et que si, au contraire, il est rude et très inégal, passant alternativement de sa substance à la substance de l'air, elle subira des réflexions dans cet espace autant de fois que se renouvelleront ses passages de l'une à l'autre des deux substances transparentes. Il y aura donc une portion plus grande de lumière qui se dispersera, à proportion comme le crystal, où le corps transparent quel qu'il soit sur les surfaces duquel aura frappé le rayon, sera plus raboteux; et il convient encore d'observer que

dans ces transmissions multipliées et dans ces retours du premier milieu au second, et du second au premier, les rayons se devront souvent rencontrer dans le cas de la proposition quatrième et de son corollaire, où leur propagation devenant absolument impossible, la réflexion totale doit s'ensuivre. Il est facile, d'après cela, de concevoir, sans recourir à aucune fictive hypothèse, d'où procède toute la diversité qu'on remarque entre la transparence et les réflexions des corps diaphanes raboteux et celles de ces mêmes corps lorsqu'ils sont polis, dont, en outre de la différence très grande de l'une ou de l'égalité uniforme de leurs superficies réfléchissantes, où se vient briser d'abord la lumière, l'une des causes est encore dans l'inégalité de ces réfractions diverses et successives, qui n'existent pas dans ces mêmes substances bien polies. C'est en particulier la raison de l'opacité de toutes les poudres des substances les plus transparentes.

2. Mais le point difficile de la question est certainement de faire voir, par de suffisantes preuves, d'où provient cette perfection admirable dans les images des objets que les corps polis nous réfléchissent par une répétition très fidèle. Car, si cette réflexion si égale se doit réellement accomplir sur les moindres parties de ces corps, il faut donc que les surfaces de ces parties soient parfaitement planes et égales, et sans sphéricité aucune, à moins que

l'on ne veuille alors concevoir que l'effet de cette sphéricité des moindres parties de leur matière, si véritablement elle existe (art 16, *rem.*), soit rendu peut-être insensible ou contre-balancé par quelque cause occulte d'attraction qu'on imaginerait, puisqu'on est forcé toujours de reconnaître, dans les représentations si nettes et si distinctes des miroirs, que la répercussion la plus forte et la plus abondante des rayons, à beaucoup près, s'effectue constamment selon l'ordre direct de leur incidence au plan uni de la surface, et que les dispersions lumineuses y sont très faibles généralement et très débiles (art. 46). J'estime donc qu'il nous faut croire, si la réflexion est ainsi, et qu'elle se fasse en totalité ou partiellement sur les élémens solides des corps terrestres, que ces élémens dont se constituent les corps ayant leurs faces latérales parfaitement planes, le poli, par le mouvement interne qu'il leur imprime, et qui se peut ici reconnaître à la chaleur qu'il communique toujours à leur substance, les émeut, les ébranle et les fait disposer par cette motion de telle sorte, qu'elles doivent composer de leurs côtés plans et unis la superficie entière réfléchissante; car le poli ne pouvant user bien sûrement les parties primitives dont se constituent les corps, mais seulement les détacher les unes des autres en les ébranlant, et la lumière de même ne heurtant par sa subtilité si extrême que sur ces moindres parties seules

que nous nommons primitives, il est sans doute qu'il faut inévitablement, pour que la surface des divers corps polis qui la réfléchissent soit unie et égale à tous ses rayons, que les moindres parties mêmes qui composent cette surface première, et que nulle force humaine n'est capable ni d'atténuer ni de rompre (P. N. art. 59), soient toutes uniformément égales et bien unies en dessus. Il n'y aurait donc vraiment, dans ce système, que les seuls rayons que leur tendance motrice dirigerait entre les intervalles poreux de ces parties planes, et qui viendraient se briser sur leurs côtés intérieurs, qui devraient éprouver, en s'y répercutant, les effets des inégalités de leurs angles; et ces rayons, ou sont transmis uniformément à travers le corps, s'il est transparent, suivant les lois communes de la proposition première et du corollaire unique de la troisième, ou perdent promptement dans son intérieur, s'il est opaque, leur mouvement lumineux par la multiplicité des froissemens.

L'analyse géométrique de la cristallisation des minéraux rend plus probable encore et plus certaine cette doctrine de la vertu lumineuse de réflexion que possèdent dans un éminent degré tous les corps polis, en nous enseignant que les molécules intégrantes des substances diaphanes cristallisées, c'est-à-dire, leurs dernières molécules que la décomposition puisse obtenir, sont dans la réalité de petits solides

dont tous les côtés ont leur surface plane et régulièrement unie ; et cette figure qu'elles affectent ne leur peut venir, sans aucun doute, que de la conformation même de leurs élémens ou de leurs moindres parties primitives. Une autre preuve qui semblerait donner un nouveau poids à cette opinion d'une égalité parfaite dans les surfaces de ces parties, est la facilité avec laquelle se meut sur les cristaux polis le subtil fluide électrique, qui pénètre intimement tous les corps jusqu'à leurs derniers élémens, lorsqu'on éprouve au contraire que toutes les pointes et toutes les inégalités quelconques l'entravent et l'interrompent dans sa rapide course (P. N. *disc.* art. 14). Ainsi les corps susceptibles du plus parfait poli, seraient ceux qui contiendraient le plus de ces sortes d'élémens dont les côtés se présentent avec des surfaces planes ; et s'il existait quelque corps dans la nature qui ne se composât que d'élémens inégaux ou d'une figure sphérique, il ne paraît pas, d'après ces principes, que le poli le meilleur lui pût donner jamais à un degré sensible la vertu des miroirs. Par élémens, je n'entends point seulement en ce lieu les dernières parties indivisibles de la matière, mais toutes celles qui, formées de la réunion immédiate de ces parties indivisibles, ne laissent entre elles aucun passage où les plus subtils corps puissent pénétrer.

* J'ai entrepris de faire voir, dans cet article, comment se pouvait expliquer le phénomène de

la réflexion régulière des miroirs dans l'hypothèse, tacitement admise, que cette réflexion s'effectuât sur les parties mêmes des corps terrestres. Mais il est encore plusieurs circonstances contradictoires de ce phénomène, que nous rapporterons en un autre endroit de cet ouvrage, qui répugnent à cette supposition première. Je n'ai donc point prétendu, dans ces remarques, résoudre pleinement et sans plus ample recherche la difficulté : j'ai voulu seulement ouvrir la voie et préparer à son explication facile. Car lors même que nous aurions montré ici de fait certain, que les parties solides des cristaux doivent réfléchir en effet la lumière très régulièrement quand elles sont disposées en une certaine façon par le poli, que sont encore ces parties grossières des milieux, en comparaison de la quantité si nombreuse des espaces vides qu'ils laissent partout dans leur matière, et où la lumière se doit rompre et répercuter sur les invisibles parties des plus subtils fluides ?

66. Après ces différentes objections, plus ou moins justes et spécieuses, qui lui paraissaient renverser dans leur fondement tous les systèmes de la réflexion lumineuse par les répercussions naturelles des parties solides des corps, Newton, à sa proposition troisième du second livre, assigna pour principale cause de ce phénomène, les alternatives des accès lumineux (art. 49) ; et il prétendit que les rayons qui arrivaient sur la surface des corps

dans leur accès de la plus facile réflexion, y devaient être inévitablement réfléchis, tandis que ceux au contraire qui y parvenaient dans une alternative opposée, se devaient transmettre aisément à travers leur substance. Il se fondait surtout dans cette théorie sur sa vingt-quatrième observation touchant des lames de mica, qui, toutes blanches considérées à l'œil nu, paraissaient ondées et comme partagées inégalement en des zones diverses de clarté et d'ombre, lorsqu'on les regardait par le prisme, dont l'action réfringente naturelle séparait les couleurs simples de la lumière. Mais ces lames, comme Newton lui-même l'a remarqué (art. 50), étant remplies d'inégalités bien sensibles, les preuves qu'on en pourrait déduire sont fort obscures et fort incertaines : il faudrait, certes, que de semblables faits se pussent vérifier de même à toutes les réfractions dans les autres corps transparens, et l'on désirerait enfin, à l'appui de ce nouveau principe, des témoignages moins suspects et une démonstration moins équivoque.

Ce principe se contredit d'ailleurs par les faits mêmes sur lesquels il se fonde. Car Newton, à la dixième observation et à la vingt-unième de l'Optique, a éprouvé que, si les milieux entre lesquels la réflexion s'effectue diffèrent moins l'un de l'autre en puissance réfractive, les apparences des couleurs qui en résultent deviennent aussi plus faibles et

languissantes, c'est-à-dire que la lumière qui se trouve alors réfléchie est réellement moindre à proportion ; ce qu'il reconnut en humectant de légères lames de mica , et remplissant de la liqueur de l'eau les intervalles entre les deux verres objectifs : et pourtant on ne saurait dire que , selon que les deux milieux diffèrent entre eux davantage de puissance réfractive , ou qu'ils en diffèrent moins , il se rencontre aussi plus de corpuscules lumineux , ou qu'il s'en trouve au contraire un moindre nombre , dans leur accès de la plus facile réflexion. Une circonstance encore , non moins fâcheuse pour ce système newtonien , se vient offrir dans les réflexions communes du miroir. Car son inventeur lui-même établissant , à la proposition vingtième de l'Optique , livre second (art. 47) , que les rayons qui pénètrent dans le crystal d'un miroir , étant réfléchis sur son étamage par un angle égal à l'angle selon lequel ils y arrivent , et retournant ainsi dans l'atmosphère par un égal nombre de leurs pulsions , y doivent revenir de nécessité par la même de leurs alternatives qui les avait propagés de l'air dans le crystal ; s'il n'y avait véritablement de transmis que les seuls rayons qui se rencontrent à la surface réfringente dans leur accès de la transmission , et de réfléchis semblablement que ceux-là seuls qui y arrivent dans leur accès contraire de la réflexion , comme l'estimait cet auteur , puisqu'il

ne pénétrerait alors dans les miroirs que des rayons dans les premiers de ces accès, tous les faisceaux de lumière qu'ils répercutent en devraient ressortir uniformément, sans réflexion aucune de l'atmosphère, avec absolument la même facilité qu'ils sont entrés dans leur substance : et d'où viendrait alors le phénomène des réflexions multipliées de ces miroirs que nous avons développé dans le *sixième* article de ce traité ? d'où viendrait que la seconde image, que produit à la sortie des rayons la résistance de l'air, est aussi forte à très peu près que la première image (art. 59) qui se dépeint sur la surface de la glace à leur entrée ?

La connaissance plus exacte du double mouvement des alternatives lumineuses, en nous enseignant la cause, ignorée de Newton, de ces accès de réflexion et de transmission successive que ses ingénieuses expériences lui avaient fait découvrir dans la lumière, nous a appris en même temps, non-seulement que la clarté du jour est réfléchie réellement et transmise aussi bien, quoiqu'il est vrai en quantité dissemblable (art. 48), par l'une des alternatives de sa motion que par l'alternative opposée ; mais encore qu'à une incidence perpendiculaire, sa transmission comme sa réflexion étant égales par chacun de ses accès, ils se confondent mutuellement et cessent en effet d'exister (art. 50). Si donc les réflexions lumineuses n'avaient réellement eu

d'autre cause que ces alternatives mêmes, il en devrait immanquablement résulter qu'à cette incidence du rayon perpendiculaire, où la réfraction devient nulle, la réflexion deviendrait nulle également, et qu'elle dût toujours s'augmenter progressivement en raison même de l'obliquité du rayon : ce que l'expérience ayant démontré faux sur tous les points, il nous a fallu reconnaître la fausseté de ce principe réflecteur que supposait Newton, et nous convaincre que, bien loin que les accès lumineux fussent dans aucun cas l'essentielle cause du phénomène ordinaire de la réflexion, dont tout le principe est dans l'inégalité seule des résistances que les rayons éprouvent dans leurs changemens de milieu, la réflexion n'en devrait pas moins uniformément demeurer la même, quand bien même de tels accès n'existeraient point dans la propagation lumineuse. En effet, l'inégalité de la réflexion par les deux mouvemens de la lumière à son incidence oblique, provient de la différence de l'obliquité de chacun sur la surface réfringente (art. 50); et ainsi que nous avons eu lieu de l'observer de l'inflexion au *trente-deuxième* article, si la réflexion est plus forte par l'un de ces mouvemens, elle est aussi plus faible réciproquement par l'autre, qu'elle ne devrait être dans la réalité, si la lumière n'avait uniquement à la surface que la seule incidence apparente de sa direction générale, qui est moyenne entre ces deux

mouvements : l'inégalité de la réflexion totale ne se peut donc faire sentir , comme je l'ai remarqué (art. 63), qu'en un très petit nombre de cas, qui seront d'ailleurs déterminés clairement dans la section qui va suivre.

C'est par l'erreur de cette opinion fausse qu'il avait sur la vraie nature des accès, que Newton établit, à sa proposition neuvième, « que les corps universels réfléchissent la lumière et la réfractent par une seule » et même force, qui s'exerce en de différentes » circonstances diversement. » Comme la réflexion a pour principe le changement effectif des chemins où la lumière se propage (art. 60), et que la réfraction est proportionnelle à la nature de ces chemins ou à leur grandeur (art. 16, 21), il avait cru qu'elles devaient avoir l'une et l'autre une unique cause et une origine commune : mais ces deux phénomènes, après tout, ne se correspondent point régulièrement, puisque, comme je le viens de dire, à une incidence perpendiculaire, où la réfraction devient nulle, la réflexion est égale dans le rayon. Ce théorème sera vrai en ce seul sens, que la réflexion de la lumière comme sa réfraction, selon le *seizième* article, s'accomplissent l'une et l'autre semblablement par une répercussion des corpuscules lumineux sur les petites parties réfringentes des corps diaphanes (*Voir* art. 132). Sa proposition quatorzième de la même section de

l'Optique ne me paraît pas non plus, pour ces mêmes causes, rigoureusement exacte; car il semble toujours attribuer la réflexion qui se fait sur les surfaces contiguës à des corps denses, à une certaine puissance de ces corps (art. 64) qui rappellerait à eux la lumière.

SECTION TROISIÈME.

De l'action mutuelle des rayons.

QUE LE PHÉNOMÈNE DES COULEURS A SA CAUSE DANS L'INÉGALITÉ DES PUISSANCES QUE LES PARTIES LUMINEUSES EXPRIMENT LES UNES SUR LES AUTRES.

DES COULEURS.

67. Que les intervalles des accès sont les plus petits dans les plus petits rayons. — 68. Et qu'ils sont moyens dans les rayons les plus forts ou les plus ardents. — 69. Leur proportion observée dans les sept lumières simples. — 70. Cause de cette proportion dans les impulsions inégales des rayons. — 71. Puissances et solidités comparatives des sept rayons qui se déduisent de la diversité de leurs impulsions. — 72. Des rapports de la réfraction aux intervalles des accès. — 73. Du rapport de la réflexibilité des sept lumières à ces mêmes intervalles. — 74. Des vitesses absolues des sept lumières; leur rapport avec les degrés de la réflexibilité de chacune. — 75. *Problème.* Propriétés de la figure douzième. — 76. Lois de la construction de cette figure. — 77. Rapports des grandeurs véritables des mouvemens intérieurs des sept lumières et de leurs vitesses. — 78. Mesures approximatives des grandeurs des mouvemens, des angles intérieurs et des réflexibilités comparatives des sept lumières. — 79. De la vitesse réelle et relative des sept lumières et de leur réflexi-

lilité. — 80. Que les inégalités des accès entre les rayons simples persistent à toutes les circonstances de la réfraction : rectification de l'exposé général de la proposition sixième. — 81. Sur les petits mouvemens intérieurs de la lumière et les angles que ces mouvemens comprennent : rectification du problème. — 82. Des couleurs différentes des petits corps transparens à leurs différentes épaisseurs. — 83. A quelle épaisseur des mêmes corps l'apparece de ces couleurs doit cesser. — 84. Que ce phénomène ne se fait pas sans une décomposition réelle de la lumière. — 85. Que le phénomène des couleurs, dans les corps opaques naturels, a la même cause que dans les petits milieux transparens. — 86. De la nature des petites parties colorées des corps opaques. — 87. Distinction des corps transparens et des corps opaques : de l'existence du fluide de l'éther ; des élémens des chimistes. — 88. Qu'il est vrai que les corps opaques réfléchissent à la vue des rayons de toutes les couleurs, mais qu'ils réfléchissent plus particulièrement ceux d'une certaine espèce que ceux de toutes les autres. — 89. De la détermination des grandeurs des particules composantes des divers corps, d'après les couleurs que ces corps manifestent à la vue.

PROPOSITION VI.

67. *Que si la lumière se compose de parties dont les grandeurs soient inégales, les intervalles de leurs pulsions doivent être inégaux ; et que les plus petites de ces parties devront acquérir dans leur propagation les accès les plus rapprochés les uns des autres, et les plus grosses une grandeur moyenne dans leurs accès entre les pulsions de ces plus petites parties et celles d'une médiocre grandeur, chacune suivant la proportion de son volume.*

Que la lumière se compose de parties inégales que l'on doive considérer comme réellement simples ou homogènes (art. 7), est une vérité physique, découverte et pleinement constatée par les expériences de Newton, dont la démonstration aura sa place dans notre second livre. La raison nous

persuade que cette inégalité existant entre les parties lumineuses, il doit s'ensuivre nécessairement quelque inégalité sensible dans leurs actions, c'est-à-dire quelque différence dans la manière dont chacune d'elles agira dans les corps et sur nos organes : examiner et définir comment se doit manifester cette inégalité, et quelle en doit être la proportion, est l'objet de cette proposition sixième.

La considération de la seconde loi de la lumière, l'impulsion attractive (art. 13 et 15), est le principe qui nous y devra conduire. Puisque, par la démonstration de la proposition seconde, chacune des petites surfaces réfringentes des milieux que la lumière traverse, exerce sur elle effectivement la même action infléchissante, que deux corps solides sur le rayon qui passe entre l'intervalle qu'ils comprennent, et que cette inflexion que la lumière subit sur les petites surfaces des milieux, est déterminée (proposition première) par l'impulsion totale qui résulte de toutes les impulsions diverses que se communiquent les unes aux autres les parties distinctes du rayon : celles de ces parties qui sont les plus petites, étant par conséquent les plus faibles, et selon cette loi des principes mécaniques de la philosophie, *que tous les corps agissent suivant la quantité de leurs surfaces* (loi que confirme l'observation de Newton sur les aimans, que les plus petits ayant relativement plus de surface, ont en raison

de leur volume une attraction plus forte que les plus grands, *Opt. quæst. 21*), ces subtiles parties du rayon jouissant, respectivement à leur grandeur, d'une action attractive plus forte que les autres parties lumineuses qui sont plus grandes, elles devront céder plus aisément à la puissance de l'attraction impulsive qui les entraîne avec tout le rayon, et s'infléchiront davantage que toutes les autres qui, plus massives, ont aussi à proportion plus de résistance. Et si l'on conçoit cette inflexion, ainsi que nous l'avons représentée dans le *quinzième* article, telle que le simple résultat d'une direction purement motrice, comme si les rayons répercutés par les solides C et D d'une ouverture réfringente (*fig. 3*) se heurtaient réciproquement par leur mouvement contraire, et qu'il en résultât pour chacun un mouvement mixte proportionnel, les lois de la mécanique nous enseigneront également que les plus petits rayons, plus mobiles, devront céder aussi plus facilement à cette impulsion motrice. Or, la force dont le rayon est infléchi déterminant, par le corollaire troisième de la proposition seconde, l'ouverture de l'angle de ses mouvemens, et par suite, article *quarante-unième* de la précédente section, les intervalles de ses pulsions et ceux de ses accès, ainsi que l'on voit (*fig. 6*), que plus l'inflexion que subira un rayon au point F sera grande, et plus l'angle EFG de ses mouvemens devra être

petit, les moindres parties de la lumière, qui sont les plus infléchies, acquerront, par cette plus grande inflexion qu'elles éprouvent, des pulsions plus rapprochées ou de plus petits intervalles de leurs accès dans les milieux qu'elles traversent; et comme la cause de cette disposition que les rayons divers contractent en diverse mesure, selon leur grandeur, subsiste toujours, que l'action des surfaces successives répercutantes est constamment proportionnelle pour chacun dans un rapport uniforme et déterminé, et que s'il pouvait arriver que quelques-uns des rayons simples fussent dérangés, par quelque cause que ce puisse être, de ce rapport réglé et toujours égal qu'ils observent mutuellement, l'action attractive de tous les autres les devrait ramener aussitôt et inmanquablement à cette uniformité de leurs motions, les accès inégaux que contractent dans leurs répercussions intérieures les divers rayons homogènes, par la conséquence des inégalités de leurs grandeurs et de leurs puissances respectives, seront durables et uniformes dans tout le cours de leurs différens mouvemens, et ils ne paraissent point se pouvoir jamais altérer par aucune action quelconque des corps réfringens et lumineux.

68. Mais de même que la vertu de l'aimant, ou la force du fluide en lequel cette vertu réside, est plus grande dans le centre même de la sphère où cette force s'exerce qu'à quelque intervalle de ce

centre, de même que la pesanteur est plus forte à de plus faibles distances du centre de la gravité, ou que l'eau jaillissante d'une fontaine a plus de matière et de pression dans le milieu de son jet que sur les extrémités : de même, si les particules de la lumière ont vraiment les unes sur les autres cette attraction mutuelle et très forte que nous leur avons reconnue (art. 13), les plus grosses et les plus puissantes de ces particules, sollicitées également par l'attraction réciproque des diverses autres qui sont plus faibles, auront dû prendre dans les mouvemens lumineux, entre ces plus faibles parties, la direction moyenne et intermédiaire, qui leur était assignée par l'exact équilibre des attractions différentes dont ces diverses parties les sollicitaient ; c'est-à-dire qu'elles auront été entraînées dès leur principe dans le milieu même du rayon et au centre, si je puis ainsi m'exprimer, de la sphère de l'attraction lumineuse, et elles ont dû contracter par conséquent, dans les retours successifs de leurs pulsions, une distance moyenne réciproque entre l'intervalle des pulsions des plus subtiles parties, et celui qu'ont acquis les rayons qui tiennent, entre tous les autres, le milieu dans l'ordre respectif des puissances ou des grandeurs de leur volume.

Ainsi, les rayons simples les plus subtils, qui sont les plus faibles de clarté comme de puissance, et dont la couleur est la *bleue*, plus inflexis que tous les autres,

mans l'un vers l'autre, il est inévitable, que ce principe aura dû opérer sur les rayons de la manière dont nous venons de l'exposer, puisque l'attraction en effet ne saurait agir autrement; et il sera prouvé que notre explication est exacte, s'il est bien constant que les rayons jaunes se composent des particules les plus fortes et les plus puissantes de la lumière. Donc, enfin, s'il en est ainsi, comme l'objet de notre second livre est de le démontrer par l'expérience, *les rayons simples les plus subtils ont dû naturellement acquérir dans leurs mouvemens les plus petites pulsions intérieures, et ceux d'une puissance médiocre les plus grandes, lorsque les rayons les plus forts et les plus ardens de tous ont gardé, dans leurs pulsions successives, une proportion moyenne entre ces deux extrêmes des autres rayons.*

69. Cette théorie, dont nous développerons les essentielles conséquences dans les corollaires qui doivent suivre, est le principe d'où se déduit l'explication naturelle des expériences de Newton sur les couleurs, qui ont été rapportées succinctement à notre *dixième* article de cette Analyse. Ce célèbre et ingénieux philosophe, en dirigeant sur les deux verres de télescope, dans la première de ces curieuses expériences, chacun des rayons simples du prisme reçu à part, a cherché à déterminer quelle pouvait être dans chacun la juste proportion des grandeurs de leurs accès lumineux; et il a trouvé que cette pro-

portion dans les sept lumières homogènes se comportait, *soit exactement ou à très peu près*, comme les racines cubiques des carrés des longueurs des cordes qui sonnent dans l'octave ces huit notes, sol, la, fa, sol, la, mi, fa, sol, c'est-à-dire comme les racines cubiques des carrés des huit nombres 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$ et $\frac{1}{2}$, ou comme les nombres 100, 92.43, 88.55, 82.55, 76.31, 71.14, 68.14 et 63. Si l'on divise suivant ce même rapport la ligne YH (fig. douzième), aux huit points que nous avons désignés par les huit premières lettres de l'alphabet, et que de ces points qui la coupent on dirige à un point R comme centre, pris à volonté sur la perpendiculaire à l'extrémité de cette ligne, huit rayons qui se réunissent à ce point, toutes les droites qui seront conduites à quelque distance que ce soit parallèlement à YH de quelqu'un des points de YR, perpendiculaire sur son extrémité, seront coupées par ces huit rayons dans la pareille proportion que la ligne YH l'est elle-même : ainsi, menant à un point T quelconque une parallèle à cette ligne, et des points d'intersection de cette parallèle conduisant, sur une seconde parallèle dont le sommet est en R, les huit petites lignes T₁ jusqu'à T₇, qui soient égales à chacune des distances comprises entre le sommet R et les huit points de l'intersection sur la parallèle qui passe en T, les sept angles depuis RT₁ jusqu'à RT₇ représenteront les angles des ré-

percuſſions ſucceſſives des ſept lumières homogènes; et les intervalles que ces angles comprennent, qui ſont exactement dans le rapport des huit diviſions dont la ligne YH eſt partagée, donneront les intervalles de leurs accès; c'eſt-à-dire que tout l'eſpace qui eſt compris par T₁ ſera rempli par la diſfuſion de la lumière violette, l'eſpace T₂ par les rayons indigo, et ainſi de toutes les diverſes autres lumières colorées. NEWTON. lib. 2. prop. 16.

Scolie.

70. Cet effet ſingulier d'attraction, d'où il réſulte (art. 68) que les rayons les plus puiffans doivent occuper toujours le milieu du faisceau, a ſa cauſe originaire, comme en général on le peut dire de toutes les attractions lumineuſes (art. 15), dans les ſeules lois motrices de l'impulſion. Il faut concevoir en effet que les différens rayons, dans l'origine et avant que l'inflexion, opérant diverſement ſur chacun, les ait diſtingués les uns des autres en leur imprimant de divers mouvemens, ont dû être mêlés et confondus tous enſemble ſans aucune diſtinction : mais que, venant alors à ſe heurter et ſ'entrechoquer mutuellement, comme par cet effet de leurs impulſions réciproques, les rayons les plus ſubtils ont reçu une impulſion plus forte de tous les autres, qu'ils ne pouvaient eux-mêmes, à cauſe de leur ſubtilité plus grande, en communiquer à

ceux-ci; ces rayons subtils ont dû être naturellement plus écartés ou plus infléchis par cette impulsion plus forte qu'ils ont reçue, et les rayons plus massifs pour une contraire cause l'ont été moins. Ainsi, les rayons violets (fig. treizième) ont été portés sur le côté C de la plus grande inflexion, et les rayons rouges, qui sont plus massifs, l'ont été un peu en arrière de ceux-ci vers le côté D. Or, les rayons les plus puissans de tous, rencontrant et choquant ces divers faisceaux qui se croisaient et dont ils recevaient l'impulsion, sollicités par les uns à s'infléchir dans la direction du point C, et entraînés par les autres dans le sens contraire du côté D, ils ont dû se mouvoir entre ces deux directions, en s'inclinant néanmoins davantage de ce dernier côté D, où la plus forte impulsion des plus massives parties les sollicitait; c'est-à-dire qu'ils ont dû se trouver précisément emportés dans leur course au centre même des forces impulsives du faisceau, et dans le juste équilibre de ces forces.

Pour rendre encore cette explication plus distincte et plus intelligible, que l'on conçoive (fig. 13 bis) que les trois rayons principaux, le bleu, le jaune et le rayon rouge, tous les trois à une égale distance l'un de l'autre et avec un mouvement égal, se rencontrent à un point quelconque C, et qu'ils poursuivent chacun leur mouvement de progression en avant après cette impulsion mutuelle qui le modifie :

leurs distances respectives , après leurs chocs , ne pourront plus déjà être les mêmes ; mais il est clair que le rayon bleu , poussé par les deux forces réunies des deux rayons les plus massifs , devra être détourné de sa route plus sensiblement , et s'en écartera davantage , que le rayon rouge , qui est poussé par la force moindre de ce même rayon bleu , jointe à l'impulsion du rayon jaune ; et que le rayon jaune semblablement , sollicité par les deux motions opposées du rayon rouge et du bleu , se devra plutôt infléchir dans la direction du premier , dont la grandeur relative étant conçue plus forte , la puissance motrice doit l'emporter sur la force impulsive du second.

Telle est l'évidente et naturelle origine de toutes les attractions mutuelles que l'on observe entre les diverses parties de la lumière , et la facile explication de l'exemple particulier d'attraction dans les rayons du prisme que nous avons donné au *treizième* article de la première section. Car il est sensible que , si loin que l'on prolongeât (fig. treizième) les trois lignes des rayons primitifs V , I et R , ou CR , CI et CV (fig. bis) , elles conserveraient toujours régulièrement les unes à l'égard des autres , comme on l'a remarqué dans cet exemple , leurs mêmes intervalles réciproques ; et il en serait de même nécessairement , comme cette même figure le représente , de tous les autres rayons de toutes

les couleurs dont le commun assemblage a composé le faisceau total de la lumière.

71. Les puissances inégales des particules lumineuses étant donc ; comme on le vient de marquer , la cause certaine de la direction différente qu'elles contractent dans leurs impulsions réciproques , et cette direction se connaissant par la réfraction du prisme dans l'image solaire (art. 9), leurs grandeurs respectives , d'où leurs puissances dépendent , se devront reconnaître pareillement par cette réfraction même. Ainsi , la lumière la plus vive et la plus éclatante de toutes , dont Newton , à la septième proposition de sa première partie , place le centre dans le foyer même des rayons jaunes , mais un peu plus proche naturellement des limites de la couleur orangée que de celles de la couleur verte , se trouvant , d'après ce calcul et le rapport constant des réfractions que cet auteur détermine entre les sept lumières homogènes * , partager au quart environ la largeur totale de l'image décomposée du soleil , et centre commun de tous les rayons du faisceau (art. 68), occupant de nécessité pour cette cause le juste milieu de leurs puissances impulsives , et faisant ainsi que la somme de toutes ces puissances différentes soit exactement balancée dans un équilibre parfait de chacun des côtés de son foyer brillant : la puis-

* Voy. la ligne AX, figure douzième.

sance moyenne des rayons qui de l'un de ces côtés sont les moins infléchis, savoir les orangés et les rouges, sera à celle des rayons verts, bleus, indigo et violets, qui le sont le plus de l'autre côté, dans le rapport inverse de l'unité à trois, ou comme trois quarts à un quart. Et si l'on mesure maintenant les plus grandes distances respectives de chacune de ces six lumières principales au foyer de la lumière jaune, qui est le centre de leur sphère commune d'attraction, on reconnaîtra que ces distances sont pour les lumières rouge et orangée comme 2 et 1, et pour les lumières verte, bleue, indigo et violette, comme les nombres 9, 15, 19 et 27; c'est-à-dire que la lumière orangée est plus puissante du double que la lumière rouge, la lumière verte trois fois plus forte que la violette, et les deux autres lumières à proportion, ou comme les nombres $1\frac{4}{3}$ et $1\frac{8}{9}$, si la lumière violette est 1. Ces mesures ont été prises sur la ligne AX de la figure douzième, qui, représentant la diffusion du rayon solaire décomposé après son passage dans le prisme, doit exprimer, d'après l'Optique de Newton, le rapport des réfractions comparatives des sept lumières simples du jour. De là se conclut, en égalant la somme des puissances de l'un et de l'autre côté du centre commun de l'attraction, qui en détermine l'équilibre, que les puissances ou les forces impulsives des six lumières homogènes, orangée, verte, rouge,

bleue, indigo et violette, sont entre elles approchant dans le rapport déterminé par les nombres * $91 \frac{1}{3}$, 57, $45 \frac{2}{3}$, 34, 27 et 19; et comme la puissance de la lumière jaune ne paraît pas moins l'emporter sur celle des rayons aurores ou orangés, que la force de ceux-ci l'emporte sur la force impulsive des rayons verts, la puissance de la lumière jaune dans ce calcul se trouvera exprimée comparativement par le nombre 159. Donc les puissances respectives des sept lumières simples colorées, jaune, orangée, verte, rouge, bleue, indigo et violette, ou les forces dont elles agissent sur les corps et les unes sur les autres réciproquement, *sont entre elles approximativement dans la proportion des sept nombres 159, 91, 57, 45, 34, 27 et 19*: où l'on observe que la lumière *rouge*, qui termine de l'un des côtés l'image solaire, est moyenne proportionnelle, soit exactement ou à très peu près, entre la lumière *violette*, qui occupe à l'opposé de celle-ci l'autre extrémité de cette image, et la lumière *jaune*, qui est leur centre commun d'attraction ($45 \times 45 = 2025$, et $159 \times 19 = 2021$); ce qui vient encore à l'appui

* Le premier rapport de 2 à 1, pour les lumières rouge et orangée, donne $2 (45 \frac{2}{3}) = 91 \frac{1}{3}$. Et l'on a $19 + \frac{2}{3} (19)$ ou $27 + 1 \frac{1}{3} (19)$ ou $34 + 3 (19)$ ou $57 = 45 \frac{2}{3} + 91 \frac{1}{3}$, c'est-à-dire que les puissances réunies des quatre lumières violette, indigo, bleue et verte, égalent les deux puissances réunies des lumières rouge et orangée; ce qui est le second rapport indiqué.

du *soixante et huitième* article de cette proposition sixième.

Ces rapports, qui sembleraient peut-être un peu grands d'après la réfraction moyenne de la lumière, que Newton établit de l'air au crystal comme dix-sept à onze, ou comme $77 \frac{3}{4}$ à 50, si on la compare respectivement à la réfraction des extrêmes rayons rouges et des violets, qui est calculée pour les uns entre ces mêmes substances de 77 à 50, et de 78 à 50 pour les autres, sont plutôt dans la réalité à notre estime quelque peu inférieurs, le foyer de la lumière jaune homogène ne paraissant pas, comme nous l'avons supposé, diviser au quart tout-à-fait l'image solaire. Car une proportion toute semblable devant exister naturellement entre les deux portions de la lumière jaune que son foyer sépare, qu'entre celles mêmes de l'image entière dont ce même foyer est comme le centre, les deux parties de cette lumière jaune de chacun des côtés de son foyer devraient se comporter entre elles sensiblement comme les deux nombres 1 et 3, qui est la proportion indiquée entre les deux côtés de l'image, au lieu que d'après les limites qui sont déterminées par Newton dans les rayons de cette couleur, ils ne seraient dans notre supposition que comme 5 à 5; dont la conséquence manifeste est que les puissances des lumières rouge et orangée sont représentées dans cette hypothèse respective-

ment moindres, et celles au contraire des quatre autres rayons respectivement trop fortes, que chacune réellement ne devrait être.

Mais en admettant néanmoins que ces rapports soient sûrs et exacts, et que les parties de la lumière soient des sphères d'une solidité très parfaite; puis-que la matière n'exerce d'action que selon la quantité effective de ses surfaces, ces rapports seront la vraie et naturelle mesure de l'étendue des surfaces de ces parties sphériques de la lumière. Ainsi, comme la solidité de la sphère se calcule par sa superficie générale multipliée par la sixième partie de son diamètre, et que le diamètre lui-même* est la racine carrée du tiers environ de cette surface totale, ou plus exactement la racine de cette même surface divisée par trois, plus la fraction indéfinie 0.141592, etc., que donne la proportion reconnue du diamètre à la circonférence du cercle, on trouvera que si les puissances réciproques ou les surfaces de chacune des sept lumières simples, jaune, orangée, verte, rouge, bleue, indigo et violette, sont déterminées comme ci-dessus par la proportion approchante des quantités, 159, 91, 57, 45, $3/4$, 27 et 19, leurs solidités ou leurs grandeurs respectives *se comporteront entre elles réci-*

* Voici approchant les diamètres des grandeurs comparatives des sept lumières simples : 7.11, 5.40, 4.25, 3.81, 3.30, 2.92 et 2.46.

quement comme les sept nombres 191, 82, 40, 29, 18.7, 13 et $7\frac{1}{2}$. Dans ces calculs, qui ne peuvent être sans doute, comme on le voit bien, que purement approximatifs, la lumière verte, si douce et si bienfaisante à la vue, et qui occupe dans le phénomène de la réfraction le milieu de l'image, se trouverait, sous le rapport des grandeurs, la moyenne proportionnelle à peu près entre chacune des deux lumières extrêmes, la lumière jaune et la violette ($7\frac{1}{2} : 40 :: 40 : 205$ ou $191 + 14$); et la plus vive de ces deux lumières, ou la jaune, serait vingt-cinq fois environ plus solide que n'est la seconde, dont la couleur est violette, et qui est la moindre de toutes les clartés : ce qui s'écarte peu de ce que dit Newton dans sa septième proposition, au passage cité, où cet auteur ne considère pas seulement la force différente des rayons, mais plutôt leur rareté plus grande ou leur diffusion dans un espace donné. D'où l'on voit encore que l'inégalité des solidités respectives dans ces lumières est plus considérable de beaucoup, que ne l'est l'inégalité de leurs puissances impulsives, lesquelles, par l'universelle loi dont toute la matière est régie, doivent suivre constamment la mesure de leur superficie générale; car la lumière jaune est seulement, par les précédens calculs, huit ou neuf fois aussi puissante que la lumière violette paraît être, au lieu que nous disons qu'elle est plus solide de vingt-cinq fois que cette même lu-

mière. Si tous ces calculs, en dernier résultat, ne sont point jugés assez précis, et ne satisfaisaient point rigoureusement l'exactitude des géomètres, du moins auront-ils pourtant mis sur la voie pour parvenir à des évaluations plus exactes et à une détermination positive de ces grandeurs.

COROLLAIRE I.

72. Que les rayons dont les accès sont les plus rapprochés mutuellement, doivent être aussi les plus réfrangibles dans la même proportion comme leurs pulsions sont moins distantes.

Car la cause d'où dérive cette inégalité dans les accès lumineux, par la démonstration de la proposition précédente (art. 67), est le principe même de l'inflexion qui fait réfracter la lumière dans son incidence oblique sur un milieu nouveau; et ainsi les motifs qui nous ont fait conclure avec certitude, que certains rayons dans leurs mouvemens ont dû subir une inflexion plus grande, d'où s'est ensuivi le rapprochement de leurs accès successifs, subsistent avec une égale force et dans les mêmes rapports pour expliquer leurs inflexions réfractantes; c'est-à-dire que les rayons violets et les bleus devront être naturellement les plus infléchis par la réfraction, comme ils le sont les plus dans leurs accès, et que les rayons rouges, au contraire, dont les accès se sont constitués les plus grands, le devront être

moins dans la proportion même de ce moindre rapprochement de leurs alternatives : c'est aussi ce que l'expérience a confirmé. Car Newton , par des essais répétés et qui s'accordaient tous, a démontré, à la proposition troisième de la seconde partie de son premier livre , que le sinus de l'incidence des rayons est au sinus de leur réfraction , pour chacune des sept lumières simples, dans un tel rapport, que les intervalles dont ces lumières colorées sont distantes entre elles dans le phénomène de la décomposition lumineuse, ou leurs expansions différentes, se comportent précisément comme les différences des cordes qui sonnent dans l'octave les sept tons de la musique, ou comme les différences des huit nombres $1, \frac{8}{9}, \frac{5}{6}, \frac{3}{4}, \frac{2}{3}, \frac{2}{5}, \frac{1}{6}$ et $\frac{1}{8}$, suivant lesquels la ligne AX (fig. douzième) est divisée; et ce rapport coïncide exactement avec celui que l'article *soixante-neuvième* a établi dans les intervalles des accèss de ces mêmes lumières. *Opt.*, lib. 1, pars 2, prop. 3.

D'ailleurs, cette proportion que Newton indique dans la diffusion diverse des sept lumières et dans leur degré différent de réfrangibilité, est celle même des divisions d'une semblable ligne XA qu'on aurait élevée par le point A perpendiculairement sur YH, avec une longueur double de la distance A7, qui est comprise entre les deux lignes extrêmes des huit droites dirigées, d'après les principes du *soixante et neuvième* article, du centre R aux huit

points qui déterminent sur YH les intervalles respectifs des accès ; du moins l'épreuve que nous en avons faite à diverses fois avec beaucoup de soin et sur une échelle assez grande , entièrement d'accord avec le calcul , s'en est-elle chaque fois rencontrée exacte , sans nulle erreur sensible , et autant même qu'il nous a été possible d'en juger , le rapport entre les deux mesures est parfait. * Ce résultat conforme nous a pleinement convaincu de l'intime liaison qu'ont mutuellement entre eux les deux phénomènes de la réfrangibilité différente des sept rayons et de l'inégalité de leurs accès , et il nous démontre que ces différens effets dérivent évidemment l'un et l'autre de la même cause , je veux dire des grandeurs respectives inégales des rayons homogènes de la lumière.

COROLLAIRE II.

73. *Que les rayons dont les accès sont les plus rapprochés par l'inflexion , doivent être les plus réfléchibles proportionnellement.*

Car , plus l'angle des répercussions intérieures est petit , par le corollaire de la proposition qua-

* On remarquera sur la figure que les divisions des deux lignes hy et YH sont un peu différentes : la première a été calquée sur la figure de Newton , qui est inexacte , et la seconde en est la rectification précise.

trième, plus la lumière aussi doit être réfléchié aisément, ou à une obliquité moindre de son incidence : et l'angle RT_1 (fig. 12) est plus petit en effet que l'angle RT_2 , et celui-ci plus petit que l'angle RT_3 ; et il en est de même successivement de tous les autres. D'ailleurs, les grandeurs respectives de ces divers angles étant déterminées, d'après la construction même de la figure (art. 69), par les accès inégaux de la lumière, la réflexibilité différente des sept rayons homogènes, comme leur diverse réfrangibilité (art. 72), devra être toujours nécessairement dans la proportion constante de l'inégalité de ces accès. C'est une seconde vérité de l'optique, que les expériences de Newton semblent établir (art. 8); et les faits sur lesquels en repose la découverte, dont on est redevable à cet auteur, seront exposés par ordre et discutés dans le second livre de cet ouvrage.

COROLLAIRE II.

74. Que les rayons dont les accès sont les plus rapprochés par l'inflexion, doivent avoir une célérité moindre dans la même proportion comme ils sont aussi plus réfléchibles.

Car, en se reportant aux lois analytiques des quarante-quatrième et cinquante-unième articles de la précédente section, ce n'est pas l'inégalité des petits mouvemens intérieurs, mais l'inégalité seulement

des angles de ces mêmes mouvemens, qui produit la diversité des vitesses que peuvent acquérir les rayons dans leurs différentes motions; et nous venons de voir, dans le précédent corollaire, que cette même inégalité est l'unique principe de la diversité des réflexions lumineuses dans les sept rayons homogènes. En effet, tant que les angles des petits mouvemens lumineux demeurent les mêmes, soit par exemple (fig. onzième), d'une ouverture égale à la grandeur de l'angle ACB, tous les côtés semblables ou correspondans de ces angles dans les différens rayons devant alors, quelque grands d'ailleurs qu'ils puissent être, demeurer entre eux parallèles, on peut concevoir que l'un de ces côtés soit une partie quelconque de AC, ou que AC, s'ils sont plus grands, en soit une partie : je suppose qu'ils soient une portion de AC déterminée par ca ; leur second côté sera cb qui est parallèle à BC, et la grandeur de ces deux lignes égales cb et ca , par les démonstrations du quarante-quatrième article, observant avec la grandeur respective de l'intervalle qu'ensemble elles comprennent, ou la distance des accès du rayon, le même rapport exactement que les deux premières lignes AC et CB avec leur intervalle propre, la lumière dans l'une et l'autre de ces deux motions différentes, devra se propager précisément, par cette harmonie constante de ses pulsions et de ses chemins successifs,

avec une vitesse nécessairement égale ; puisque ces deux principes de la célérité de toute lumière , la grandeur de ses petits chemins intérieurs et la fréquence de ses pulsions , observent , disons-nous , dans l'une et l'autre la même proportion respective.

Mais la célérité sera plus grande , si l'angle des répercussions est plus grand que l'angle proposé ACB , et elle sera plus faible s'il est plus petit ; et cet accroissement ou cette diminution des vitesses est en raison inverse du prolongement du premier côté de cet angle sur la perpendiculaire VG à la ligne AG des pulsions , le prolongement de ce côté , qui est la somme ou le développement de tous les mouvemens partiels qui se font entre les deux points A et G , donnant naturellement la mesure exacte du chemin total que le rayon doit parcourir dans sa progression de l'un à l'autre de ces deux points indiqués. De manière , par exemple , que s'il se meut dans ses répercussions successives par un angle plus grand , tel que Aye , sa vitesse aussi sera plus grande , en même proportion que vA , prolongement de Ay , est moindre que AV en longueur ; car il est clair qu'il n'aura alors à accomplir qu'un chemin égal à vA pour se propager de A jusqu'au point G , lorsqu'il avait dans le premier cas toute la longueur de AV à parcourir pour s'avancer à ce même point. Ainsi , les rayons simples et homogènes se comportant dans leurs mou-

vemens intérieurs tel qu'il est défini à cette proposition sixième et représenté à la figure .12, leurs célérités relatives seront exprimées constamment, dans cette même figure, par les grandeurs inverses des sept lignes qui partagent XA aux sept points que nous y avons désignés des sept premiers chiffres de l'arithmétique; et comme les divisions qui partagent ainsi cette même ligne, par le second corollaire de cette proposition, sont dans le rapport direct de la réfraction de chacune des sept lumières simples primitives, laquelle donne, selon Newton, de l'air au crystal, une proportion des sinus de 77 à 50 pour les rayons rouges homogènes et de 78 à 50 pour les violets, nous devons penser que les grandeurs des vitesses différentes de ces mêmes rayons colorés, qui bordent les extrémités de l'image dans la réfraction du prisme, sont entre elles aussi respectivement dans la proportion des deux mêmes nombres 78 et 77, ou dans quelque proportion du moins qui s'y rapporte.

L'expérience qui fit découvrir à Newton cette diversité de vitesse dans les sept rayons simples, ne lui en indiqua point le rapport; et il est sans doute bien incertain qu'elle puisse jamais parvenir à fixer avec la précision nécessaire les délicates nuances de ce phénomène. Tout ce que Newton put observer, c'est que, dans l'expérience des verres objectifs rapprochés, lorsqu'il faisait passer sur les verres successivement chacune des couleurs simples du prisme,

« la contraction ou la dilatation des anneaux qui
 » résultait de ces changemens des couleurs, était
 » plus lente dans la lumière violette, plus accélérée
 » dans la rouge, et dans les diverses couleurs inter-
 » médiaires entre celles-ci, d'une célérité moyenne
 » comparativement. » *Opt.*, lib. 2, pars 1, obs. 14.

PROBLÈME.

75. Déterminer les mouvemens intérieurs et les réflexibilités des sept rayons simples, dans la supposition qu'ils ont chacun essentiellement, et à toutes les circonstances possibles de la réfraction, un angle différent de mouvement, proportionnel à leur différente force infléchissante, telle que cette force est définie à la proposition sixième (art. 67).

Si la vitesse proportionnelle des rayons simples suit exactement le rapport inverse de leur réfraction, les deux lignes RA et R7 des extrêmes bords du faisceau lumineux RAH (fig. 12), lesquelles expriment, par l'article précédent, les longueurs relatives des chemins des deux lumières extrêmes rouge et violette, dont les sinus de la réfraction sont entre eux, selon l'Optique de Newton, comme 77 et 78, se devront elles-mêmes mesurer respectivement comme ces mêmes nombres 78 et 77. Divisant donc sur la figure en soixante-dix-huit parties toutes égales, la portion ya de la ligne hy partagée comme ci-dessus (art. 69), et prolongeant indéfiniment à chacune des extrémités de cette portion ya, deux

perpendiculaires ax et ry , lesquelles seront par conséquent exactement parallèles l'une à l'autre : la ligne rh , dirigée d'un point r de la perpendiculaire supérieure, qui rencontre au chiffre 7 le point d'intersection de la seconde, par l'arc de cercle qui décrit de ce même point r comme centre passe à la soixante-dix-septième fraction de l'étendue ya , donnera dans sa partie $r7$ l'exacte mesure de l'inflexion moindre de la lumière, ou l'étendue de son plus court chemin, comparativement à son chemin le plus long représenté par ra , suivant la proportion indiquée des deux nombres 77 et 78. Cette proportion se trouvera dans les deux longueurs de chemin ra et $r7$, lorsque l'angle yhr , que forment en se joignant les deux lignes rh et hy à leurs extrémités, aura son ouverture environ de sept degrés et douze minutes.

Avant de rechercher combien la connaissance exacte de la position réelle du point r , d'où se mesurent, suivant les données du problème, toutes les inflexions lumineuses dans les divers rayons, nous pourra servir puissamment pour arriver à spécifier avec une certitude assez précise les grandeurs véritables des angles des répercussions de chaque lumière, et par suite les degrés divers de leur réflexibilité et leurs mouvemens, il est nécessaire de faire d'abord en peu de mots l'exposé de quelques propriétés de cette figure.

Si l'on construit, d'après les principes exposés au *soixante-neuvième* article, sur la ligne ri l'angle rsu de l'inflexion la plus faible des rayons violets, et sur la ligne rj l'angle rtp de la plus faible des rayons rouges ou de la lumière purpurine, et que l'on dirige du point r , parallèlement à yh , la ligne droite rp ou vr , qui complète avec les côtés de ces deux angles deux triangles isocèles : dans l'un et l'autre de ces triangles, les deux angles adjacens à leur plus grand côté seront égaux entre eux par construction, et chacun de ces angles eux-mêmes sera égal à celui que produisent, avec yh , les deux lignes rh et rb des prolongemens de l'un de leurs côtés ; car les deux angles prh et yhr , dont l'un des côtés est commun et le second parallèle, sont égaux, et il en est de même des deux autres angles vrh et ybr , qui sont alternes aussi bien que les premiers. Ainsi le troisième angle de chacune de ces deux figures triangulaires, ou l'angle des répercussions lumineuses, sera moindre que deux angles droits de toute la somme des deux autres angles dont il est le complément, c'est-à-dire de deux fois la valeur de l'angle que forme sur yh le prolongement de l'un des côtés de ce troisième angle ; et tous les angles que formeraient sur cette ligne yh les prolongemens de ces divers côtés pour chaque lumière, aux différens points des divisions a, b, c, d, e, f, g, h , seraient entre eux inversement, par la construction

totale de la figure (art. 69), comme ces divisions elles-mêmes, ou comme les nombres 63, 68.14, 71.14, 76.31, 82.55, 88.55, 92.43 et 100. De plus les deux côtés rt et rs des deux grands angles rtp et rsv ; se comportent entre eux réciproquement comme les droites rh et rb de leurs prolongemens sur la ligne hy , et les côtés opposés rv et rp de ces grands angles, comme le double des longueurs des lignes yh et hy ; puisque l'on peut concevoir que la parallèle à yh , prise à volonté, qui détermine les deux extrémités t et s des côtés rt et rs , et par suite les grandeurs respectives des troisièmes côtés rv et rp , opposés à ceux-ci, soit reculée effectivement jusque sur le plan même de cette première ligne yh . De même les deux grands angles rsv et rtp seront toujours, pour une semblable raison, le double de ceux que comprendrait avec leurs côtés, ou les prolongemens de ces côtés, toute perpendiculaire quelconque semblable à yr , qui serait élevée sur hy . Car l'angle yrh , compris entre la perpendiculaire yr et l'un des côtés dont nous parlons, est moindre que l'angle droit de la valeur de l'angle prh , qui est l'un des deux angles égaux du petit triangle rpt ; et le grand angle de ce même triangle rpt , comme on l'a dit, est équivalent à deux droits moins deux fois ce même angle prh ou trp : donc yrh est la moitié vraiment de ce grand angle. Ainsi, pour tout comprendre dans un rapport unique, les huit trian-

gles *yar* jusqu'à *yhr*, que forment ou formeraient avec les divisions de la ligne *yh* et la perpendiculaire à cette ligne, les huit droites abaissées du point *r* sur chacun des points *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, de ces divisions, sont entre eux respectivement comme les demi-triangles des mouvemens alternatifs des lumières que ces divisions représentent; de sorte que, par la disposition de la figure, les diverses lignes conduites des huit points sus-dénommés de ces divisions au centre *r*, exprimeront figurativement les grandeurs des petits mouvemens successifs de chacune des sept lumières simples, et les angles que ces diverses lignes comprennent avec *yr*, la moitié des angles de ces mêmes mouvemens.

76. Les propriétés générales de ces figures étant attachées essentiellement, comme il est aisé de le voir, au parallélisme établi des deux plans sur lesquels sont représentées se faire les répercussions successives des divers rayons de la lumière, quoique les rapports d'ailleurs, d'après lesquels se fondent ces figures, étant ceux mêmes des accès lumineux, qui ne sauraient cesser d'être, de semblables propriétés se pourraient rencontrer encore, mais avec de différens résultats, en toute autre représentation figurative des mouvemens des rayons où ces plans ne seraient point parallèles; il semblerait maintenant nécessaire, avant que de poursuivre, de confirmer par une démonstration assez précise le paral-

lélisme réel de ces mêmes plans des répercussions intérieures. Mais quelle raison probable, dans le cas admis par l'énoncé général du problème, où l'on suppose que les divers rayons peuvent être mêlés et se mouvoir tous, dans une direction commune, par des mouvemens différens, que les répercussions alternées de ces rayons se dussent faire, d'un côté sur une ligne droite et égale rp , qui est dans le sens de cette tendance commune de leur course, et de l'autre côté irrégulièrement sur une ligne oblique ou inégale en quelque sorte, qui ne se trouvât point dans le même sens que cette première ligne d'inflexion ? Certainement, si la ligne rp est directe, la seconde ligne doit l'être en la même façon, et si celle-ci est inégale ou quelque peu oblique, la première aussi doit l'être dans une parité parfaite : la constante égalité des accès en est, ce semble, l'incontestable preuve.

Ainsi, dans les principes qui sont posés dans le problème, la situation respective des deux lignes générales de l'inflexion paraissant devoir se représenter par deux plans bien semblables et exactement parallèles, on voit que les figures qui résultent du partage de ces lignes par les divers plans des rayons émis du centre r , sont telles, que les accès de la lumière étant connus, si l'on connaît l'un de ses mouvemens, ou l'angle que ces mouvemens forment l'un avec l'autre, ou avec les deux lignes rp ou yh des accès, les

autres circonstances de ces figures seront également connues aussitôt; car ce sont dans le vrai autant de triangles, dont connaissant l'un des côtés, on cherche les deux autres qui sont égaux.

La connaissance du rapport des célérités diverses des rayons, qui seule ne suffirait pas pour déterminer d'une manière sûre et bien précise les petits côtés de ces triangles, étant jointe à une notion claire de la situation relative des lignes générales des accès, nous peut conduire aisément à cette détermination. Que l'on sache, en effet, que les célérités absolues des rayons extrêmes soient entre elles, je suppose, comme les deux lignes AV et vA de l'onzième figure, toutes lignes semblables, As et At , qui seraient dirigées d'un même point A sur la même base, aux endroits où cette base et sa parallèle, qui partage AV à l'égalité de vA au point n , sont coupées par l'arc de cercle pris à volonté dont ce même point A est le centre, seront entre elles indistinctement dans la même proportion que ces deux premières lignes vA et AV ; et cependant les triangles qui en résulteraient sur les côtés primitifs AB et Ae , qui représentent dans cette figure les intervalles des accès, seraient bien différens dans les deux cas. Mais si à cette donnée on ajoute encore la considération secondaire, qui vient d'être établie, que les sommets de ces triangles intérieurs doivent être situés régulièrement sur un même plan, parallèle à

celui de la ligne AG des accès ou de la direction totale des rayons; il est clair qu'il n'y aura alors que les deux seules lignes AV et vA, où les deux sommets γ et C des angles intérieurs du mouvement se rencontrent en effet sur un même plan parallèle à AG, qui conviendront sûrement à la figure, en remplissant à la fois les deux conditions exigées de ce parallélisme et du rapport général des vitesses, lorsque les sommets au contraire que les autres lignes déterminent, sont toujours sur des plans obliques plus ou moins à celui de GA. Ainsi se démontrerait, que, malgré que le même rapport des vitesses soit observé entre les deux lignes rP et Qr de la figure douzième, qu'entre les premières lignes r1 et r7, celles-ci sont cependant les seules qui remplissent exactement les conditions proposées pour la construction de cette figure.

77. On voit aussi en général, « que la grandeur » absolue des chemins ou des mouvemens intérieurs de la lumière AC et Ay (fig. 11), est toujours en raison composée de sa vitesse représentée » par AV ou vA et de la grandeur des alternatives » de ses pulsions. » Car l'ouverture des angles de ses mouvemens ou le grand côté du triangle étant connu par la grandeur précisée de ses accès, et les deux côtés de ces angles étant nécessairement égaux par l'égalité constante des pulsions de ces mêmes accès, comme leur premier sommet se doit trouver

toujours sur la ligne quelle qu'elle soit, AV ou vA (art. 44), qui mesure la célérité du rayon, il est par-là manifeste que cette célérité une fois connue, on connaîtra aussi l'angle et ses deux côtés; puisqu'il n'y a évidemment qu'un seul triangle dont l'un des côtés soit AB , et l'un des deux autres qui sont égaux soit une portion de AV , qui puisse exister réellement sur les deux lignes données AV et BA . Et si les intervalles des alternatives du rayon dont la vitesse est AV , étant plus petits que AB , se trouvaient, par exemple, dans la proportion de bA , les chemins partiels de ce rayon seraient plus petits aussi que AC suivant cette même proportion, c'est-à-dire qu'ils se réduiraient alors à cA ; et le contraire devrait s'ensuivre, si les pulsions de cette lumière étaient plus distantes les unes des autres. De même, si la célérité plus grande de ce même rayon était représentée par vA , les intervalles de ses accès demeurant les mêmes, les grandeurs de ses chemins devraient être moindres comme sa vélocité est plus grande, et ils ne seraient plus représentés que par l'étendue plus faible de la ligne Ao . Et si les rayons avaient également tous la même vitesse, que j'exprimerai par AV , auquel cas leur inflexion générale serait la même et dans la commune direction de cette ligne, *la différence des grandeurs de leurs mouvemens serait précisément celle des intervalles de leurs accès* (fig. 12, $UMVN$), c'est-à-dire

que d'autant que l'alternative AB est plus étendue que bA , autant aussi le chemin AC devrait être plus grand que cA (art. 44); et si tous les rayons réciproquement avaient la même distance effective dans leurs accès lumineux, les grandeurs relatives de leurs mouvemens seraient inversement comme leurs vitesses.

Ainsi, les deux principes naturels de la grandeur de tous les mouvemens de la lumière, la célérité et l'intervalle des accès, se comportant toujours l'un à l'égard de l'autre dans un certain rapport déterminé, il semble que la célérité des rayons dont les alternatives sont les plus grandes, pourrait être telle, que les diverses lumières homogènes eussent toutes exactement les mêmes mouvemens dans l'intérieur des mêmes milieux; mais la proportion que signalent dans les inflexions lumineuses les degrés bien connus de la réfraction et de la réflexibilité de ces lumières, restreint dans des limites certaines les puissances respectives de ces deux principes. Car si vraiment toutes les lumières se répercutaient dans les mêmes corps à de mêmes distances, c'est-à-dire par d'égaux mouvemens, les intervalles de leurs accès, d'après l'expérience, étant inégaux (art. 69): outre que la lumière rouge serait alors plus accélérée que la lumière violette, dans le rapport même du moindre nombre de ses accès en le même espace, c'est-à-dire dans l'exorbitant rapport des deux nombres cent

et soixante-trois, ce que les faits ne confirment nullement, les rayons violets seraient réfringibles encore à une inclinaison très faible sur la surface réfringente; et même si petit que se puisse concevoir l'angle RT_7 des répercussions des rayons rouges (fig. douzième), et conséquemment leur chemin RT , la lumière violette ne serait plus transmise de l'air au crystal, comme on le fera voir bientôt, quand l'angle de son incidence s'y trouverait de quelque peu plus grand que trente-neuf degrés, cette grandeur précise étant le complément de l'angle S_1R , et la mesure de la réfringibilité de cette lumière, dans la supposition admise de ses mouvemens égaux, au plus petit angle possible de ses répercussions, puisque le côté S_1 , égal de RS , qui représenterait dans cette hypothèse le chemin commun de tous les rayons, est supposé de la moitié seulement de l'intervalle R_7 des alternatives les plus grandes de la lumière. Or, ce résultat étant absolument contraire à toute vérité, il reste à reconnaître, comme nous l'avons dit : « que les **che-*
» *mins des divers rayons simples dans l'intérieur*
» *des mêmes corps sont inégaux* dans la proportion
» composée de leurs vitesses et des grandeurs de leurs
» accès. » Cette discussion utile, nécessaire à l'intelligence parfaite des articles *quarante-unième* et *cinquante-deuxième* de la section précédente, achève d'en éclaircir intimement les théories.

78. L'analyse de la figure douzième, dont la construction est expliquée, d'après les principes du problème, au *soixante-seizième* article, déterminera les rapports de cette inégalité des mouvemens. Elle nous fait voir que rr et $a\gamma$ étant deux lignes parallèles, les deux portions de rh que $a\gamma$ sépare l'une de l'autre, observent entre elles la même proportion respective, que les deux portions semblables de jh que cette même ligne divise; de façon que si jh est supposé contenir cent parties et $a\gamma$ soixante-trois, rh contiendra de même cent des petites parties dont soixante-trois composent $r\gamma$: donc, si la grandeur réelle de $r\gamma$, qui est la mesure de la célérité des rayons rouges, est représentée comparativement par la quantité même qui exprime, dans l'hypothèse établie par la construction générale de la figure (art. 75), le rapport de cette célérité à celle des divers autres rayons, la longueur totale de rh , selon ce rapport, sera de septante sept fois cent des soixante-troisièmes parties de cette ligne $r\gamma$, c'est-à-dire le quatrième terme de cette progression, $63 : 100 :: 77$. Donc les longueurs des chemins ou des mouvemens partiels de chacun des rayons se comportent entre eux réciproquement, comme les quatrièmes termes des sept progressions géométriques, dont les deux premiers sont les valeurs comparatives du plus petit accès lumineux et de l'accès de celui des sept rayons dont le mouvement

est cherché, savoir (art. 69), 63 et 68.14, ou 71.14, ou 76.31, ou 82.55, ou 88.55, ou 92.43, ou 100, et dont le troisième terme est la célérité relative de ce même rayon, ou la valeur de la ligne droite abaissée du point *r* sur la portion de *yh* qui est la mesure comparative de son accès, jusqu'à l'endroit où cette même ligne est coupée par la perpendiculaire élevée sur *yh* de l'extrémité *a* du plus petit accès lumineux, c'est-à-dire (article précédent) : « que les chemins partiels de chacun des » rayons dans les milieux divers où ils se propagent, » sont en raison composée de leur vitesse et de la » grandeur de leurs accès. »

D'après cela, si la célérité des sept lumières ou leur inflexion diverse est proportionnelle à leur diverse réfrangibilité, comme il est naturel de le croire (art 74), ou si elle est dans la proportion des nombres 77, $77\frac{1}{8}$, $77\frac{1}{5}$, $77\frac{1}{3}$, $77\frac{1}{2}$, $77\frac{2}{3}$, $77\frac{7}{9}$ et 78, qui partagent aux sept parties désignées des sept premiers chiffres de l'arithmétique la ligne AX de la figure douzième, on trouvera, par le rapport indiqué, que les mouvemens intérieurs les plus grands de chacun des sept rayons simples, en commençant par les rouges, sont entre eux dans la proportion des nombres 122.22, 113.15, 108.51, 101.53, 93.87, 87.70, 84.12, et que les mouvemens les plus petits des rayons violets se comportent avec ces mêmes nombres comme leur réfraction même exprimée

par 78; c'est-à-dire que la longueur moyenne des chemins ou des mouvemens intérieurs de ces rayons les plus réfrangibles, serait, suivant ce calcul, *d'un tiers environ moins étendue que celle des rouges, ou dans la proportion de 2 à 3*, et plus exactement de 2 à $2\frac{8}{9}$.

D'ailleurs, le rapport des divisions différentes de la ligne yh , aux différentes lignes qui, des points de ces divisions, seraient conduites au centre r , étant, comme on l'a vu, article *soixante-quinzième*, celui même des intervalles des pulsions de celle des lumières que chacune de ces divisions représente, à la grandeur des mouvemens de cette même lumière, et connaissant par les supputations de Newton l'étendue approchante de ces intervalles, si l'on mesure avec exactitude l'un de ces rapports, on déterminera aisément par les calculs précédens chacun des autres, ou les grandeurs réelles des mouvemens lumineux dans les sept lumières homogènes. Ainsi, le rapport de la ligne yf de l'intervalle des accès de la plus vive lumière, que nous plaçons par une approximation générale entre les rayons orangés et les jaunes (art. 71), et dont la distance des pulsions est dans le verre, suivant les tableaux de l'Optique, environ de $3\frac{1}{2}$ milliardièmes parties du pouce, avec la ligne qui de ce point f serait menée au centre r , se trouvant approximativement, comme nous l'avons mesuré, et en admettant la célérité des

rayons telle qu'on la vient de définir, celui des deux nombres 8855 et 8961, dont le second surpasse en puissance le premier environ de douze parties sur mille, la grandeur des mouvemens successifs de cette lumière sera aussi plus forte dans la même proportion que les intervalles de ses pulsions alternatives, et on la trouvera par le calcul de 3.54 millionnièmes parties du pouce, ou à peu près d'un vingtième de millionième plus forte que ces intervalles; c'est-à-dire que cette lumière devra subir dans le crystal ses répercussions alternatives à de telles distances directes, et toutes les autres lumières à proportion.

Le second rapport que nous fait connaître cette figure, est celui des réflexibilités différentes des sept rayons simples, ce phénomène ayant sa cause dans la diversité des angles que produisent, avec la ligne de la direction totale du rayon, les inclinaisons différentes des petits mouvemens lumineux. Car si la ligne *rp* de cette direction générale est si inclinée sur la surface réfringente *mn*, que le mouvement *tp* des rayons rouges, par exemple, se fasse absolument ou à très peu près dans un sens parallèle à cette surface même, il est visible, par la proposition quatrième, que ces rayons incidens n'y pourront nullement pénétrer, mais qu'ils en devront être réfléchis dans leur premier milieu; et les rayons violets, en lesquels cet angle est plus grand et plus ouvert encore,

deviendront par conséquent réflexibles proportionnellement à une obliquité moindre. Donc, tous ces angles que produit, avec le plan de la direction totale des rayons, chacun de leurs mouvemens, étant les mêmes que les différens angles compris entre les portions de la ligne yh et les droites abaissées de l'extrémité de la perpendiculaire yr , sur les différens points qui distinguent chacune de ces portions, et se comportant d'ailleurs mutuellement, par l'article *soixante-quinzième*, comme ces portions elles-mêmes, les degrés respectifs des réflexibilités des sept rayons simples devront se comporter entre eux inversement dans une semblable proportion, ou comme les nombres (art. 69), 100, 92.43, 88.55, 82.55, 76.31, 71.14, 68.14 et 63 : et la mesure absolue de cette réflexibilité de chacun sera déterminée par la valeur inverse de ces mêmes nombres, ou des sept lignes ya , yb , yc , et les semblables, et par la grandeur directe de la perpendiculaire yr , indiquée par leur vitesse connue (car, comme yr est à RY , de même l'angle yhr est à RHY); c'est-à-dire que cette mesure des réflexibilités sera pour les sept rayons *inversement comme leurs mouvemens respectifs*, ou *dans la proportion double et inverse de leur vitesse et de la grandeur reconnue de leurs accès* (art. 77). Ainsi, la vitesse relative des rayons violets et des rouges, qui a été calculée précédemment dans la proportion des deux nombres 77 et 78, ayant déterminé à sept degrés et

douze minutes environ l'ouverture de l'angle que les rayons rouges comprennent dans leurs petits mouvemens intérieurs avec le plan de la direction totale que suit leur course (art. 75), les angles de l'incidence où chacune des sept lumières homogènes, dans cette hypothèse, se devra réfléchir en totalité, seront les complémens naturels des sept angles $7^{\circ}.12'$, $7^{\circ}.48'$, $8^{\circ}.8'$, $8^{\circ}.43'$, $9^{\circ}.26'$, $10^{\circ}.7'$ et $10^{\circ}.34'$, dont les grandeurs sont dans la proportion inverse des intervalles des sept accès lumineux; et le double des complémens de ces mêmes angles donnera la valeur de chacun des angles des répercussions successives des sept lumières.

Scolie, ou réflexion générale sur le problème.

79. L'énoncé de ce problème a supposé préalablement que l'inégalité des angles des répercussions intérieures pouvait exister entre les sept rayons avant même qu'ils fussent séparés mutuellement par la réfraction, et lorsqu'ils suivaient tous encore une direction égale et commune, comme si chacun de leurs petits mouvemens intérieurs divergeait en effet d'un centre commun R; et de l'inégalité de ces angles, nous avons conclu naturellement celle de leurs vitesses et de leurs réflexibilités respectives dans toutes les circonstances de la lumière. Cependant, de même que nous avons vu dans la précédente

section, à l'article *cinquante-unième*, que la célérité totale des faisceaux lumineux persiste en général la même à toutes les réfractions, encore qu'il soit très sûr et véritable que leur vitesse absolue varie réellement à chacune, de même aussi nous paraît-il probable que la célérité de chacun des sept rayons homogènes, considéré seul, est tellement proportionnée à la longueur respective des chemins que chacun d'eux a à faire dans les milieux où ils se réfractent à une incidence semblable, qu'ils ont tous en dernier résultat dans ces milieux la même vitesse relative, ou pour m'exprimer plus exactement, qu'ils doivent tous dans le même espace de temps écoulé arriver au même but; et certainement, par la démonstration de l'article même que nous venons de citer, si les rayons violets sont moins accélérés que les rouges dans l'exacte proportion qu'ont les deux nombres 77 et 78, leur réfraction aussi étant plus forte en raison inverse de ces mêmes nombres, ils se rapprocheront davantage de la perpendiculaire à la surface dans les milieux qui les propagent, et leur chemin total y devenant plus court que ne sera celui des rayons de la lumière purpurine, précisément comme leur célérité absolue y devient moindre, ils devront sans doute et les uns et les autres, malgré cette vitesse absolue très inégale entre eux, arriver dans le même espace de temps au terme de leur inégale carrière. Je ne considère ici la réfraction, suivant

les notions du *vingt-septième* article, que d'une manière générale et comme se faisant toujours d'un milieu rare primitif à un milieu plus dense.

La conséquence de ce principe, est que *la vitesse absolue de tous les rayons devra être la même à une réfraction semblable*, et qu'à une réfraction inégale, elle sera plus faible comparativement dans les rayons qui seront les plus rapprochés de la perpendiculaire à la surface qui les réfracte; c'est-à-dire, dans la lumière violette, lorsque la réfraction d'un faisceau d'hétérogènes rayons mélangés, ou dont l'incidence est semblable, se fera d'un milieu rare à un milieu plus dense, et dans la lumière rouge, au contraire, lorsque cette réfraction, d'où résulte la décomposition lumineuse (art. 9) ou la séparation des rayons simples, sera inverse. La même chose aussi doit s'entendre des degrés de la puissance réflexible dans ces rayons, puisqu'aussi bien que la vitesse (art. 74), elle dépend de la grandeur des angles des petits mouvemens lumineux. Peu d'expériences à mon gré seraient aussi capables de justifier cette théorie nouvelle des mouvemens intérieurs des rayons, et d'en affermir les principes sur de solides bases, que si, éclaircissant exactement le phénomène peu connu encore de leurs réflexions différentes (art. 8), on faisait voir par les faits mêmes, que l'ordre des réflexibilités de sept lumières homogènes pourrait effectivement se renverser par la réfraction inverse d'un milieu dense

à un milieu plus rare; ce qu'on vérifierait en répétant, avec un vase prismatique de crystal qui serait suffisamment purgé d'air, l'expérience de la réflexion des rayons que Newton rapporte à la proposition troisième de la première partie de son Optique, ou si la diversité des réfractions n'était pas assez forte entre l'atmosphère et le vide, en plaçant ce même vase dans un vaisseau rempli d'eau qui recevrait perpendiculairement la lumière, comme elle lui devrait parvenir dans une chambre qui ne serait éclairée que d'en haut par une étroite ouverture, afin que les rayons en pénétrant dans le vaisseau ne s'y dussent point séparer et n'y subissent aucune espèce de réfraction, mais que leur décomposition en différens faisceaux colorés ne s'accomplît que par l'action réfringente du milieu rare qui serait contenu dans le prisme.

Ce principe d'une égalité parfaite dans les vitesses et les réflexibilités des rayons simples à une réfraction semblable, c'est-à-dire lorsque la direction de leur course dans un milieu quelconque est la même, ou qu'ils se meuvent tous sur des plans parallèles et ne sont point séparés les uns des autres, se confirme d'ailleurs précisément par l'observation constante que toute inégalité des vitesses et des propriétés réfléchissables entre les sept rayons, comme aussi, selon que le fera voir le corollaire quatrième, le phénomène même des couleurs que leurs accès nous présentent, ne s'est jamais encore observé que dans

les faisceaux où il s'était manifesté entre ces rayons une inégalité sensible de réfraction, c'est-à-dire seulement dans une décomposition véritable de ces rayons hétérogènes de la lumière du jour. Car, pour ne considérer d'abord que les différences présumées de leurs vitesses, si elles n'étaient point dans ces rayons, comme les définit l'article *cinquante-unième* de ce traité, des manières d'être purement accidentelles que leur fait contracter leur réfraction, et nullement une conséquence nécessaire de leur nature même, indépendante de toutes les circonstances de leur propagation dans les milieux, ces différences dans leurs célérités, devenues importantes et considérables par l'accroissement des distances, ne pourraient manquer certainement de se rendre sensibles par plusieurs inégalités manifestes; et au moins dans les émergences et les éclipses des satellites de Jupiter, devrait-on en reconnaître quelque trace, par les nuances diverses des rayons colorés de la lumière qui se dégageraient successivement et parviendraient à l'œil, à cause de cette inégalité de leurs vitesses (art. 12), à des intervalles très inégaux. Il en est de même des réflexibilités: lorsqu'on pose sur le crystal d'une glace un corps blanc, et qu'on le regarde dans une obliquité assez grande, pour que les rayons qu'il émet soient réfléchis en totalité sur la première surface du miroir (art. 55), on ne voit point que les sept rayons colorés dont cette lumière

blanche se compose, s'y réfléchissent graduellement à des obliquités différentes; mais ils cessent tous de pénétrer dans le verre à une inclinaison semblable sur sa surface.

80. Cependant, malgré qu'il soit bien certain, par tous ces faits, qu'à une réfraction égale, la réflexibilité et la vitesse sont égales dans les sept rayons homogènes, et malgré même l'inégalité sensible des réfractions, ou la décomposition effective de la lumière, que nous ferons bientôt remarquer dans la manifestation des couleurs par l'inégalité des accès, il ne paraît point au réel que cette inégalité dans les accès de la lumière ait son essentielle cause, comme nous l'avons affirmé des deux premiers phénomènes (art. 79), dans l'accidentel effet des inégalités de réfraction que les sept rayons homogènes devraient éprouver dans leurs transmissions obliques par les milieux; car si les grandeurs inégales des intervalles de ces accès n'avaient réellement eu d'autre origine que ce principe commun des vitesses et des réflexibilités inégales des sept rayons, il devrait s'ensuivre certainement, comme de celles-ci (art. 79), qu'elles seraient inverses à des réfractions inverses, c'est-à-dire que les intervalles des pulsions deviendraient plus petits, il est vrai, dans les rayons violets que dans les rouges à leur transmission oblique par un milieu dense, mais qu'ils devraient au contraire être plus grands à leur réfraction

inverse dans un milieu rare; et ce n'est pas ce qu'on expérimente dans les phénomènes ordinaires des verres de télescope mis en contact. Les rapports d'ailleurs que Newton établit, d'après ses expériences multipliées, dans les grandeurs de ces intervalles aux différens milieux denses ou rares, comme lorsque l'eau ou le fluide de l'air remplit les distances réciproques entre les deux verres dont nous parlons, paraissent trop bien coïncider et s'accorder entre eux dans une rigoureuse proportion, pour qu'il semble en effet que l'on puisse, avec quelque apparence de fondement, révoquer en doute l'inégalité effective de ces intervalles dans les sept rayons comme un principe essentiel de leur nature, qui est véritablement indépendant de toutes les circonstances possibles des transmissions lumineuses, c'est-à-dire comme existant de fait dans la lumière, quand bien même toutes ces circonstances entre les sept rayons seraient effectivement et de tous points bien semblables.

Cette inégalité de leurs alternatives doit donc dépendre indubitablement d'une autre cause, que nous démontrerons dans une dernière partie de cet ouvrage intimement liée à la nature même de la propagation générale de la lumière, et dont le principe originaire, qui est toujours dans l'inégalité des grandeurs des élémens lumineux, repose tout entier dans les simples lois de l'impulsion réciproque de ces élémens, telles qu'elles ont été ci-dessus dévelop-

pées au *septantième* article du scolie de cette sixième proposition; et cette sixième proposition elle-même se doit plutôt entendre au réel du phénomène ordinaire de la réfraction, où les différens rayons homogènes sont séparés les uns des autres et écartés, que comme une explication conforme et véritable de la cause réelle de l'inégalité originaire des grandeurs de leurs accès respectifs, quoique cette cause, je le répète, ait bien véritablement toute son origine, sinon dans les lois mêmes que cette proposition établit, du moins en de semblables lois qui ont avec celles-ci un même principe et une commune nature. C'est en ce vrai et unique sens de la séparation mutuelle des rayons que leur réfraction a écartés, *le seul auquel il convient de restreindre tout le théorème de la proposition sixième de cette Analyse*, que tous ses corollaires seront vrais dans nos principes; car il est vrai que, lorsque les rayons sont mutuellement séparés ou décomposés par l'inégalité de leurs réfractions, ils jouissent aussi d'une vitesse et d'une propriété réflexible très inégales, puisque cela est vrai en général de toute lumière quelconque à inégalité de la réfraction, comme la proposition quatrième et le *cinquante-unième* article de la section seconde l'ont fait voir par l'analyse des petits mouvemens lumineux. Donc, pour nous résumer, la diversité des réflexibilités et des vitesses, entre les sept rayons homogènes, *n'est que la simple et naturelle conséquence de leurs réfractions diver-*

ses et inégales ; mais la diversité toujours constante et uniforme des grandeurs de leurs accès respectifs est dans la nature même de la propagation lumineuse, et elle est indépendante absolument de tous les accidens de la réfraction.

84. Ainsi les mouvemens des rayons de toutes les couleurs dont la direction est la même, se devront uniformément représenter, selon les notions du *septante-septième* article, et comme il est marqué à la figure UMVN du douzième dessin, par plusieurs petites lignes distinctes et réciproquement parallèles, dont les grandeurs inégales seront dans la proportion des inégalités mêmes des grandeurs des alternatives de ces rayons ; et les deux plans opposés des répercussions successives qui en produisent les accès, devront être moins distans ou plus rapprochés l'un de l'autre mutuellement, dans les rayons dont les alternatives sont les plus petites, que dans ceux où les retours de ces accès sont au contraire les moins fréquens et les plus éloignés les uns des autres ; de manière que les mouvemens des plus subtils rayons de la lumière, comme la figure citée les représente, se devront accomplir constamment entre les lignes des pulsions de ces autres rayons plus massifs, dont nous disons que les intervalles des accès sont respectivement plus étendus. Car la construction de la première figure *ylr*, dans le problème précédent, n'était établie que dans le seul cas supposé où les

petits mouvemens partiels des rayons simples divergeaient les uns des autres dans un rapport donné ; et nous venons au contraire de démontrer (art. 79) que cette divergence ne convient pas aux petits mouvemens de ces rayons, lorsqu'ils suivent tous dans un même milieu une direction commune. D'ailleurs, les divers angles que comprennent successivement entre eux ces mouvemens parallèles ; égaux toujours par la conséquence naturelle de ce parallélisme de leurs côtés, ne paraissent pas devoir être moindres que deux fois le complément d'un angle de sept degrés et douze minutes, qui est la valeur reconnue de l'angle γhr par le *septante-cinquième* article, et dans le cas primitivement établi de la réfraction dans un milieu dense, laquelle nécessairement diminue, par le corollaire troisième de la proposition seconde, la grandeur effective de ces angles des petits mouvemens intérieurs ; et cette proportion que la figure indique ne s'est pas trouvée contredite par l'observation rapportée au *cinquante-cinquième* article, touchant la réflexibilité des rayons à une certaine obliquité de leur incidence sur le crystal d'une glace (*Prop. 4, scol.*). C'est-à-dire que cette même figure fournit le *plus petit angle possible des répercussions intérieures de la lumière* dans le cours ordinaire de son mouvement.

Je dis que le problème précédent présuppose le cas où la réfraction aurait lieu dans un milieu

dense, puisque les rayons qui sont les plus infléchis ou les plus réfrangibles, par la proposition sixième et le huitième article, y sont représentés comme à cette réfraction avec les plus petits angles des mouvemens (art. 67); et ajoutons qu'il ne peut même en résoudre qu'un seul exemple particulier, puisque, suivant l'article cinquante-unième et le cinquante-quatrième, les degrés de la réflexibilité et des vitesses changent, avec les angles des répercussions intérieures, suivant les degrés de la réfraction de la lumière. Pour le ramener à une utilité plus générale, il faudrait donc pouvoir spécifier assez précisément comment se comportent entre eux dans le réel les mouvemens alternatifs de chacun des rayons à toutes leurs réfractions dans les milieux; et comment, et en quel cas, ou par quelles restrictions dans tous les cas possibles, on pourrait réduire ces mouvemens réels aux principes supposés dans le problème, que leurs répercussions se dussent faire figurativement pour tous les rayons sur deux lignes communes parallèles *rp* et *st*, figure douzième. Cependant, malgré son insuffisance manifeste, il est plusieurs des conclusions qu'il nous fournit, qui nous paraissent être vraies en général; car il est vrai, article septante-septième, que les grandeurs des mouvemens partiels de la lumière sont toujours en raison composée de sa célérité absolue et de la grandeur de ses accès, et que les réflexibilités diffé-

rentes de ses rayons, article *septante-huitième*, sont comme les sinus du complément de la moitié de l'angle de leur mouvement (ou comme la ligne YR, ou ry, relativement aux longueurs des différentes petites lignes *rb* jusqu'à *rh*); mais pour les autres rapports que ce même article fait connaître dans ces réflexibilités, ils ne sont d'ailleurs que les conséquences immédiates de la construction particulière de la figure. Enfin, le problème éclaircit encore dans sa discussion plusieurs des points les plus difficiles de la constitution intime des petits mouvemens lumineux, comme par exemple, au *septante-septième* article, la mesure réelle, absolue ou relative, des célérités différentes des rayons; et il nous montre, à ce même article, que les mouvemens des divers rayons homogènes certainement ne sont point égaux dans les mêmes milieux, c'est-à-dire que les retours de ces mouvemens ou leurs alternatives dans les milieux semblables, ne se font pas pour tous les rayons simples à des égales distances, ou que ces milieux ont dans le vrai des intervalles inégaux dans leurs diverses parties infléchissantes : conclusion importante à la juste détermination du phénomène de la propagation lumineuse, et que réclamaient en outre, pour leur complet développement, les articles *quarante-unième* et *cinquante-deuxième* de la précédente section.

COROLLAIRE IV.

82. *Que les petits corps transparents réfléchissent à leurs diverses épaisseurs de diverses couleurs.*

La lumière, à son passage par un milieu nouveau, éprouvant, par la proposition cinquième (art. 57), une sorte de révolution intime et générale, ou, comme Newton l'appelle, de disposition transitoire, qui fait que les rayons en y pénétrant doivent nécessairement contracter un nouvel ordre de leurs alternatives, ou recommencer tous à s'y mouvoir au même point R de leurs accès (figure douzième), et ces accès étant inégaux pour chacun des sept rayons simples respectivement (art. 69), les retours de ces rayons divers au point correspondant de leur entrée seront de même naturellement inégaux; car ceux dont les accès sont les plus petits, ou les plus rapprochés les uns des autres, y devront retourner sans doute beaucoup plus tôt, que ceux en lesquels ces accès sont d'une durée plus longue ou à des distances isochrones respectivement plus grandes. Et de là il devra s'ensuivre conséquemment, que lorsque les rayons rouges, par exemple, persisteront encore dans leur accès de la transmission la plus facile, les violets et les bleus auront passé déjà à leur alternative de la plus abondante réflexion; et si la lumière alors venait à changer de milieu, ces rayons devraient être réfléchis pour la plupart, tandis que les premiers seraient en grande partie réfractés dans le

milieu nouveau, comme il se trouve marqué aux premières lignes en marge du petit tableau qui est annexé à la figure : et les rayons pourprés réciproquement se pourront aussi rencontrer en d'autres fois, au changement de milieu de la lumière, dans leur accès de la réflexion abondante, lorsque les violets et les bleus, à ce même point, seront revenus dans les retours de leur disposition première; et ainsi ils devront être réfléchis généralement, tandis que ceux-ci au contraire seront transmis en très grand nombre, comme la même figure le fait voir. Il en sera de même tour à tour de toutes les lumières homogènes : elles se réfléchiront et se transmettront alternativement à des distances respectives très inégales; et la couleur totale dont paraîtra nuancé le corps transparent, par cette lumière réfractée que sa seconde surface réfléchit, sera un mélange naturel de toutes les couleurs des rayons simples que cette même surface réfléchira en la plus considérable abondance, comme il se reconnaît distinctement par le tableau synoptique des épaisseurs que, d'après Newton, nous avons ajouté à la figure. Les petits corps transparens, à des épaisseurs différentes, réfléchissent donc naturellement de diverses couleurs; et l'expérience, comme on le fera voir, confirme exactement cette théorie.

83. Ces couleurs se succéderont par des retours ou des séries égales, dans l'intérieur de ces petits

corps translucides , jusqu'à une certaine distance de leur origine , où se trouvant sur tous les points du faisceau général de la lumière de petits rayons de toutes les couleurs dans l'alternative motrice de leur transmission , aussi bien que dans la disposition inverse de leur réflexion , il devra s'ensuivre sans contredit de ce mélange l'absence absolue de toute couleur , et l'apparencé du blanc. Car les espaces AB, BC et les semblables , en lesquels se meuvent les rayons divers et qu'ils remplissent , s'agrandissant toujours continuellement , à mesure que les rayons s'avancent de plus en plus dans leur motion progressive , par une suite de l'inégalité continue des intervalles YA et YB des pulsions , leur accroissement à une certaine distance doit devenir tel , qu'il égale même , et enfin surpasse les intervalles des accès. Ainsi , pour en donner ici un exemple , tout l'espace qui est marqué du chiffre 1 étant rempli par la lumière violette , si cet espace , par la succession des accès , vient à s'accroître * jusqu'à devenir aussi grand que la distance TK , qui est la grandeur du double intervalle de leurs pulsions (art. 40) , il est visible que quand les derniers rayons de cette lumière , qui se sera trouvée dans son alternative de la réflexion durant toute l'éten-

* Pour faciliter l'intelligence de cet article , on a ombré sur la planche l'espace que la lumière violette remplit.

due de TK, viendront à passer par K₁ à leur alternative contraire, les premiers rayons de cette même couleur, qui auront été infléchis du point T vers le chiffre 1, seront déjà à ce point K de leur retour dans la même alternative de réflexion que les derniers quittent, et tous les autres progressivement reviendront ainsi dans une succession continue à cette semblable alternative de leur mouvement; de façon qu'y ayant toujours de ces rayons violets dans leur accès de la réflexion un égal nombre que dans leur contraire alternative, le phénomène de leurs apparences colorées devra cesser inévitablement de se rendre sensible : et la même chose se peut également dire sans distinction de toutes les autres couleurs, qui se confondront toutes après quelques séries dans une blancheur uniforme. Si on recherche par le calcul l'exact point où cette confusion totale des couleurs se devra faire, on trouve qu'elle s'accomplira généralement vers la neuvième série de la plus brillante lumière, distance où l'étendue AB dans laquelle se répand la couleur violette primitive sera venue au point d'égaliser l'intervalle TK de ses accès, c'est-à-dire, où ceux des rayons de cette couleur dont les alternatives des pulsions sont les plus grandes, auront gagné en effet toute une série sur les rayons de cette même couleur dont les pulsions successives sont les plus rapprochées : car (art. 69) douze fois 68.14 font 818, et treize fois

63 font 819; et 800 est la somme de neuf des séries de la plus vive lumière, dont l'intervalle relatif des accès est, selon Newton, de 88.55. Les rayons extrêmes de la lumière rouge seront plus tardifs un peu à se confondre, ce qui est cause que la dernière nuance de toutes les séries est toujours un blanc qui a quelque teinte de rougeâtre. L'expérience, par sa conformité, vient encore à l'appui de ces mêmes calculs, en ne nous faisant voir jamais, sur les bulles de savon ni sur les verres objectifs de télescope (art. 10), que huit ou au plus neuf séries successives des couleurs. « Les couleurs, dit Newton, qui succédaient sur les verres à la quatrième série, devenaient de plus en plus sombres et languissantes, jusqu'à ce qu'enfin, après trois ou quatre autres séries, elles se confondaient tout-à-fait dans une blancheur uniforme, *donec post tres vel quatuor deinceps series tandem in ipsam planè albiditudoinem abirent.* » Opt., lib. 2, pars 1, obs. 4. Ainsi s'explique, sans difficulté, pourquoi ces phénomènes ne se manifestent d'ailleurs en toutes les expériences que dans les plus petits corps (art. 63); et, s'il en était autrement, chaque transmission lumineuse devrait donc être accompagnée toujours d'apparences semblables de couleurs? Mais il n'en est rien.

84. Une circonstance bien remarquable qu'il importe ici de ne point omettre, est que le pre-

mier accès que la lumière contracte en pénétrant dans quelqu'un de ces petits corps transparens, est toujours uniformément son accès de la transmission la plus facile : et cependant, si elle entrait dans ces corps perpendiculairement et sans y subir au réel nulleréfraction, ainsi que Newton le suppose, puisque ce n'est effectivement, comme le *cinquantième* article l'a fait voir, que la seule inclinaison du rayon à la surface qui puisse déterminer nécessairement la nature, soit de réflexion, soit de transmission, des alternatives de son mouvement qui la porte sur un nouveau milieu, il en devrait inmanquablement résulter que le premier mouvement RT de cette lumière, qui est celui de sa transmission facile sur une surface dont l'inclinaison se ferait selon le sens de IL, deviendrait au contraire naturellement son mouvement de la plus facile réflexion sur cette même surface, si l'obliquité de son plan était changée suivant la direction de Li. Or, cette contrariété d'inclinaison dans les surfaces réfléchissantes des petits corps, se rencontre, à l'expérience ordinaire des verres de télescope rapprochés, des deux côtés du point L de leur contact, et de ces deux côtés cependant les phénomènes des couleurs sont inaltérablement les mêmes, sans aucune différence réelle qu'on y puisse remarquer : il faut donc que de chacun de ces côtés la direction du premier mouvement RT de la lumière soit différente, ou ce qui est la même chose, il faut que le

sommet T de l'angle de l'inflexion de ce mouvement soit tourné sur ces deux côtés I et j en un différent sens.

Cette disposition particulière, qui dans l'expérience de la bulle s'explique aisément par la sphéricité naturelle de ses surfaces, d'où il doit résulter sans contredit une obliquité réelle et déterminée de la transmission, nécessairement différente de chacun des côtés de son sommet, comme nous venons de montrer que doivent être différens de ces deux côtés les mouvemens alternatifs de la lumière, me paraît ici avoir sa cause dans une inflexion de semblable origine que doit subir le rayon, en se transmettant, par l'effet de la sphéricité convexe du premier verre, cette sphéricité le disposant à mon sens en telle façon, que le sommet de l'angle de sa répercussion première, dans le milieu coloré, doit demeurer toujours uniformément, comme à cette expérience de la bulle, relativement au centre des deux verres ou à leur point commun de contact, comme relativement aussi par conséquent à l'inclinaison de leurs surfaces, dans la même position respective à toutes les incidences possibles; puisque son inflexion de nécessité se fait alentour de ce point d'une semblable manière de tous les côtés, et qu'elle lui est toujours relative. Si, lorsqu'à l'ieu d'un crystal convexe qui grossisse les objets, on emploie simplement dans l'expérience un morceau uni de verre commun, que l'on appuie exactement de la main sur la convexité d'un second verre

lenticulaire, il arrive que les mêmes apparences de couleurs se manifestent, quoique sûrement dans un degré moins parfait; c'est, ce me semble, que cette compression du verre plan, comme il est facile de s'en convaincre par certaines irrégularités de ces apparences n'en altère point médiocrement l'égalité uniforme, et y occasionne de la sorte une décomposition de la lumière. Un autre effet encore, que l'on ne peut non plus attribuer visiblement qu'à la même cause de cette réfraction oblique du premier verre, qui infléchit le rayon et le décompose, c'est que la couleur bleue dans cette même expérience se manifeste; par son alternative de la réflexion, à une épaisseur de la couche d'air réfléchissante où les rayons simples de cette couleur devraient encore se conserver en entier dans leur accès de la transmission abondante, puisque cet accès réellement ne doit cesser, selon les calculs de Newton, dont nous avons emprunté le tableau qui a été joint à la figure, qu'à une distance de $2\frac{1}{2}$ millièmes parties du pouce, et que la couleur bleue se réfléchit déjà, suivant cet auteur, à un intervalle moindre de presque moitié: il faut donc que cette première réflexion se fasse par quelques faibles rayons qui, réfractés plus obliquement que tous les autres, ou bien se transmettent dans la couche d'air par une direction plus inclinée, ou bien ont contracté dans leurs pulsions lumineuses (art. 43) un intervalle moindre.

Donc enfin, la manifestation des couleurs par les accès de la lumière ne se fait pas sans une décomposition véritable des rayons mélangés de cette lumière, ou en d'autres termes, sans une transmission oblique dans le milieu coloré, par un effet de l'inégalité nécessaire des superficies extérieures de ce milieu. Ainsi, un milieu dont les surfaces opposées seraient régulièrement parallèles, ne pourrait réfléchir au jour aucune couleur, du moins à une incidence perpendiculaire du rayon. La raison de cette nécessité constante d'une inégalité assez sensible dans la transmission de la lumière, ou d'une primitive inflexion du rayon incident, pour qu'il dût résulter effectivement de la diversité des accès dans les sept rayons simples une manifestation de leurs couleurs (art. 82), sera expliquée dans la prochaine partie de ce livre, au *nonante-septième* article, quand nous en rapporterons une dernière et évidente preuve dans le phénomène du miroir concave de Newton.

Scolie général.

85. Sur ces principes des grandeurs inégales des accès dans les sept rayons homogènes, est fondée toute la théorie des couleurs qu'imagina Newton. Ce grand géomètre considérait tous les corps comme un amas ou un agrégé de petits débris de ces minces lames qui réfléchissent à la lumière une certaine couleur (art. 82); et cet agrégé, nous dit-il, doit être nécessairement dans son entier de la même

couleur qu'avait cette lame dont il contient les débris : *totus eodem colore ac erat ipsa lamella antè confringendum* (Lib. 2, prop. 5). En effet, toutes les moindres parties dont se composent les corps doivent être regardées, selon lui, comme transparentes toujours en quelque manière, *aliquo modo pellucidæ* : ce qui se vérifie aisément lorsqu'on applique, à une ouverture d'un lieu très sombre, le débris d'un corps opaque qu'on a réduit à une assez grande ténuité ; il n'en excepte que les métaux blancs, qui, par leur compacte tissu et leur densité trop forte, semblent réfléchir toute lumière, sinon pourtant lorsque dissous dans les menstrues acides, ils se séparent en molécules d'une invisible petitesse (*Ibid.* prop. 2). Or, toutes ces moindres parties, remarque Newton, laissent nécessairement entre elles une infinité de pores, qui, étant remplis par d'autres corps très subtils d'une puissance réfractive différente (ou dans lesquels, suivant la cinquième des propositions de ce traité, les petits passages de la lumière ne se rencontrent plus de la même grandeur), produisent conséquemment dans la masse intérieure de leur substance autant de réflexions inévitables ; de sorte que toutes ces parties sont dans la réalité de véritables milieux bien distincts, semblables tout-à-fait aux minces corps dont nous venons au précédent corollaire d'expliquer les effets, et qu'ils ne paraissent nullement en

différer dans leur vraie nature : elles réfléchiront donc, comme ceux-ci, suivant leurs épaisseurs différentes, diverses couleurs. Telle est, dans la doctrine de Newton, l'unique et la véritable cause de toutes les couleurs variées dont se nuancent les divers corps naturels ; et il appuie son sentiment d'une observation tirée de la Micrographie du docteur Houk, où ce savant rapporte, « qu'une lame de » mica d'une couleur jaune languissante ayant » été posée sur une autre lame dont la couleur » était bleue, il était résulté de leur assemblage » une couleur purpurine très foncée » ; car ce phénomène, qui s'accorde entièrement avec les mesures que Newton donne des épaisseurs diverses où chaque couleur se réfléchit, a son explication par les tables mêmes de ces épaisseurs colorantes, où l'on voit que 4.60 millionièmes parties du pouce, épaisseur du verre qui réfléchit le jaune languissant de la première série colorée, ajoutées à 9 millionièmes de l'épaisseur du bleu de la seconde, forment en total 13.60 millionièmes, qui est l'épaisseur de la couleur purpurine de cette même série (*Ibid.* pars 2).

Pour montrer dans les corps opaques l'existence d'une multitude de pores, qui, remplis d'un milieu intérieur différent de puissance réfractive, sont l'évidente et inévitable cause de l'abondante réflexion d'où dérivent leur opacité et leur couleur, ainsi que l'air intercepté entre plusieurs lames vitreuses en

empêche très sensiblement la transparence (art. 60), il allègue, à sa proposition troisième du même livre, l'exemple de plusieurs corps, tels que les papiers imbibés d'huile, les toiles ou les tissus gommés, et la singulière pierre qu'on a nommée *hydrophane*, lesquels étant mouillés ou pénétrés d'une liqueur d'égale ou de presque égale résistance, qui en remplit exactement tous les pores et s'y infiltre, commencent alors à devenir plus clairs et transparens, et ne conservent plus les caractères de leur opacité naturelle; tandis que d'autres corps au contraire qui sont transparens de leur nature, s'ils viennent à perdre, par quelque cause interne qui les déränge, la liaison intime de leurs parties, perdent sur-le-champ aussi leur limpidité et leur primitive transparence, comme nous le remarquons, entre autres exemples, des fragmens du crystal crevassés ou réduits en poudre ténue (art. 65), de l'écume poreuse et inégale de l'eau, et de ce même liquide agité et confondu dans un mélange égal avec les globules de l'huile ou la résine du térébinthe (*Ibid.* prop. 3).

L'étonnante similitude et la conformité parfaite de plusieurs des propriétés qu'on remarque dans les couleurs des divers corps naturels, avec les phénomènes que les minces lames transparentes nous présentent, viennent encore, après tant de faits, réunir leurs preuves pour affirmer et établir entièrement toute cette belle et ingénieuse théorie. Les jolies

plumes de certains oiseaux, dit Newton, et en particulier celles de la queue des paons, revêtent dans les mêmes endroits, comme les bulles à l'observation dix-neuvième et les verres objectifs de télescope à la septième de l'Optique, de diverses nuances colorées suivant les positions diverses où l'œil les voit; la soie, la laine, et les autres corps du même genre, en lesquels l'eau ou les parties de l'huile peuvent intimement pénétrer, prennent, imbibés de ces liqueurs, de même que les minces lames de mica qu'on a mouillées (art. 66), une nuance plus terne et d'un coloris plus obscur, qu'ils perdent ensuite en se séchant; et les feuilles d'or très légères, certains verres peints, l'infusion du bois néphrétique, et quelques autres corps, réfléchissent, comme les légères lames transparentes (art. 82), les rayons de l'une des couleurs homogènes, et laissent traverser librement dans leur substance ceux des diverses autres lumières. Enfin, les couleurs de plusieurs des poudres les plus fines dont se servent les peintres, ne laissent pas que de s'altérer pourtant d'une manière sensible par un broiement long et opiniâtre, de même que changent dans les petits corps transparens, selon les variations différentes de leur épaisseur, les apparences colorées qu'ils manifestent; et c'est encore à la même cause très vraisemblablement, que nous devons attribuer aussi l'origine singulière de certaines sortes de couleurs

par un mélange de diverses liqueurs préparées, et leurs remarquables mutations dans ce mélange, les corpuscules salins qui sont dans l'une agissant diversement sur les parties colorées de la substance des autres, soit qu'ils les divisent et qu'ils les séparent, ou qu'ils les coagulent mutuellement, de manière que les molécules de ces liqueurs devenant par cette action ou plus compactes ou plus ténues, de deux liqueurs bien transparentes, il en pourra résulter une qui soit colorée, ou qu'une liqueur colorée au contraire pourra devenir limpide et transparente, ou enfin que la couleur de cette même liqueur sera changée diversement par différens acides ou alcalis; et Newton en allègue, comme une sensible preuve, la facilité avec laquelle nous voyons que ces sortes de menstrues salines pénètrent et dissolvent les corps (*Ibid.*, prop. 5 et 7).

86. Il est donc constant et véritable que le phénomène des couleurs, dans les corps opaques naturels, a effectivement la même cause que les réflexions colorées que font paraître les petits milieux transparens d'une ténuité extrême, et que ces couleurs par conséquent dépendent véritablement dans ces corps, comme dans les milieux transparens, des épaisseurs diverses de leurs petites parties réfléchissantes : elles dépendent immuablement de leurs épaisseurs, puisqu'elles dépendent, par le *quatre-vingt-deuxième* article, de leurs deux surfaces ex-

térieures et des distances réciproques que ces mêmes surfaces observent entre elles; et en effet, remarque Newton à sa vingt-unième observation du second livre de l'Optique, que l'on mouille d'une liqueur quelconque l'une ou l'autre des deux superficies d'une subtile lame de mica, les couleurs que cette lame réfléchit à la lumière deviendront, il est vrai, plus faibles et languissantes, leur degré sera changé, mais elles ne changeront point de nature, parce que l'épaisseur de la lame ne change point. « Il suit de là, » conclut cet auteur, que cette réflexion des rayons » colorés a lieu sur la seconde surface du corps qui » la produit; car si elle se faisait sur la première, avant » que les rayons parvinssent à la seconde, elle ne dépendrait donc pas de celle-ci : et elle dépend d'ailleurs d'une certaine disposition que les rayons contractent à la première surface; « car autrement, pour » suit encore Newton, cette réflexion qui a lieu sur » la seconde surface ne dépendrait donc pas de la première », elle ne dépendrait pas de la distance réciproque de ces surfaces, ni par conséquent de l'épaisseur du petit milieu coloré, contre ce qui vient d'être démontré dans le précédent corollaire. (*Ib.*, prop. 12.) Cette disposition que les rayons contractent à leur émission première dans un milieu nouveau qui les transmet, est toujours, comme ce même corollaire l'établit (art. 82), le renouvellement inévitable de la succession de leurs alternatives lumineuses : et

il nous fait voir, ainsi que déjà le *cinquantième* article l'avait conclu dans l'explication générale qu'il a donnée de la nature intime des accès d'où ces phénomènes dérivent, comment, par les réfractions obliques de ces petits milieux transparens (art. 84) et les lois ordinaires de la réflexion lumineuse (art. 56), les apparences variées de leurs couleurs devaient dépendre de l'une et l'autre de leurs deux surfaces réfringentes; et la conséquence naturelle que nous avons dû inférer de ces notions, est *que les parties colorées de tous les corps ont leurs surfaces opposées inégales et non parallèles entre elles*. Si l'extrême petitesse de ces parties ne permet pas d'en bien apprécier avec certitude l'exacte figure extérieure, du moins en pouvons-nous juger en général et approximativement par la cassure des diverses substances naturelles; et il est de fait certain que la cassure n'est égale et exactement unie que dans les seuls corps transparens, comme généralement tous les cristaux, qui sont des substances très limpides et le plus communément incolores.

Ces particules subtiles, d'où provient tout l'éclat varié des couleurs dont sont nuancés les objets qui frappent nos regards, ne sont pas non plus des élémens, c'est-à-dire de minces corpuscules indivisibles et parfaitement durs et solides (P. N. art. 59), puisqu'elles sont toutes, comme on l'a vu, perméables en effet à la lumière; mais chacune d'elles est vérita-

blement telle qu'un petit milieu diaphane, composé de plusieurs semblables élémens très distincts, intimement unis et adhérens les uns aux autres. Ainsi l'air ne réfléchit pas à nos yeux sa couleur d'azur par ses propres parties élémentaires et impénétrables, en admettant qu'il y ait d'ailleurs un élément particulier de l'air, mais seulement, comme c'était aussi le sentiment de Descartes et celui de Newton, par les subtiles et imperceptibles vapeurs que tient sa masse sans cesse en dissolution, et qui peut-être même la composent. Et ces particules des divers corps qui affectent une certaine couleur déterminée, doivent en général être plus denses, comme l'estimait Newton, que les milieux quelconques qui les environnent, et qui, remplissant les petits espaces intérieurs qu'elles laissent réciproquement entre elles, sont essentiellement le vrai principe de leur réflexion colorante (art. 85). Car la couleur superficielle sous laquelle une substance se montre à nous, selon la remarque judicieuse de cet auteur, se produisant de tous les rayons colorés qui arrivent sur les petites parties de sa surface à toutes les inclinaisons possibles, si ces petites parties étaient plus rares que les subtils milieux qui occupent leurs intervalles réciproques, leur couleur même devrait changer, comme l'expérience des verres le démontre*, suivant les

* Voy. art. 91, parag. 2^d.

obliquités différentes des rayons incidens de la lumière ; « de sorte que , à des obliquités diverses de » ces rayons , des particules d'une telle nature de- » vraient réfléchir absolument toutes les différen- » tes couleurs , et dans une si grande variété , que » la couleur générale qui résulterait enfin de toutes » celles réfléchies dans ce confus mélange des par- » ticules , devrait plutôt être blanchâtre , que d'au- » cune autre nuance déterminée , ou cette couleur » du moins serait effacée et très imparfaite ; au lieu » que , si les particules colorées sont au contraire » beaucoup plus denses que le milieu subtil qui les » environne , leurs couleurs , suivant l'observation » dix-neuvième du second livre de l'Optique (art. 52), » varieront si peu par l'obliquité , que les rayons » les moins obliques prévalant de beaucoup sur tous » les autres , ils montreront l'amas entier de ces » particules sous une couleur égale et fortement » prononcée. » Et Newton ajoute encore à ces faits son observation vingt-deuxième , que les couleurs des corps sont sans comparaison plus vives et plus brillantes , lorsqu'un milieu plus rare les environne (art. 59). *Ibid.* prop. 6. Nous devons donc penser que tous les corps dont les couleurs sont stables et bien intenses , sous quelque position qu'on les regarde , sont composés effectivement de telles particules denses ; et qu'il n'y a peut-être dans la nature que ceux-là seuls dont les teintes variables et

indéterminées, comme celles des plumes aux couleurs changeantes, font briller aux regards tour à tour les reflets variés de l'iris, qui seraient formés essentiellement de particules colorées plus rares et moins compactes que les milieux divers qui les environnent. Aussi voyons-nous que le fin duvet de ces plumes monte et voltige aisément dans les airs, dont elles paraissent même surpasser en quelque sorte la flexible légèreté; et comme ces légers corps peu solides sont très pénétrables à l'air, il semblerait, si l'expérience du vide ne nous persuadait point du contraire, que ce fluide dût être lui-même le vrai principe de leurs réflexions intérieures, ou leur milieu réfléchissant.

87. Donc, pour résumer brièvement tout ce qui vient d'être exposé, *les corps opaques et colorés sont des amas de petits milieux distincts d'une certaine grandeur (art. 85), dont les surfaces opposées sont inégales et non parallèles entre elles, et qui, si ce n'est peut-être ceux-là seuls dont les couleurs sont changeantes, se constituent généralement d'une matière plus dense et plus solide que celle des subtils milieux intérieurs qui remplissent leurs mutuelles distances (art. 86). Au contraire, les corps transparents, au lieu d'être, comme le sont ceux-ci, des agrégés dissemblables de milieux distincts qu'environne et sépare un différent milieu, ne composent dans tout leur ensemble qu'un unique et bien semblable milieu par-*

faitement égal et homogène en tous ses points (art. 23), leurs diverses parties constitutives ne laissant des unes aux autres plus d'intervalles qu'elles n'en contiennent elles-mêmes dans leur substance; d'où vient que, par ce rapprochement régulier de toutes leurs parties intérieures, la lumière ne rencontrant pas dans ces corps de différens passages, mais ses passages s'y trouvant les mêmes exactement par toute leur masse (P. N. art. 186), elle n'y doit subir en effet, d'après les lois de la proposition cinquième, aucune réflexion interne qui soit sensible, et elle n'y pourra présenter par conséquent le phénomène de la manifestation des couleurs; aussi ces corps dans leur état de pureté, lorsqu'ils sont le plus clairs et le plus limpides, sont-ils en général *incolores*. Cette exacte position des particules intimes des corps diaphanes (art. 61), se démontrerait même rigoureusement, s'il en était besoin, par la Crystallographie, ou la science de l'analyse des cristaux (P. N. art. 189). Newton me semble donc être dans l'erreur lorsqu'il attribue, à sa proposition quatrième, toute la transparence de ces mêmes corps à la ténuité extrême de leurs petites parties et des intervalles mutuels qu'elles comprennent, « ces intervalles et ces » petites parties étant, selon lui, trop faibles pour » qu'il en puisse résulter sur leurs communes sur- » faces aucune réflexion qui soit sensible » ; *minores sint scilicet, quàm quæ reflexiones in communi-*

bus superficibus suis efficere queant : car c'est donner, en effet, la définition des *corps noirs*, et non pas celle des *corps lucides et transparents*. Et pour ce qui est de la limpidité parfaite que nous voyons que les *corps opaques* peuvent acquérir en se dissolvant dans les *liqueurs*, c'est sans doute que se trouvant réduits par cette opération naturelle aux parties mêmes de la *liqueur dissolvante*, c'est-à-dire à des parties d'une ténuité égale et de densité pareille, ils ne composent alors dans la réalité avec cette même *liqueur* qu'un seul et uniforme milieu : telles on voit toutes les *particules des corps denses*, dissoutes dans l'air, contribuer également à lui donner la belle couleur d'azur qui le distingue.

Je ferai ici, par occasion, deux courtes remarques qui concernent les principes généraux de la physique; elles pourront jeter quelque jour sur les systèmes modernes des *physiciens pneumatistes*, dont de savans auteurs et des hommes de génie, notamment Buffon, nous ont dénoncé déjà comme au moins fort suspects les équivoques axiomes. La première est sur l'existence non douteuse du fluide céleste que nous nommons l'*éther*, laquelle se déduit clairement et immédiatement de cette théorie newtonienne des couleurs, et qui même s'y rattache en effet à un tel point, que si cette existence bien réellement était démontrée chimérique, cette théorie aussi serait reconnue par-là une chimère. Car si

la réflexion a vraiment lieu, comme Newton l'affirme lui-même, et comme le fait voir notre proposition cinquième de cette Analyse, par l'inégalité des résistances des milieux divers où la lumière se propage, et que les couleurs aussi aient leur cause dans cette réflexion même qui s'effectue sur les surfaces intérieures des petits milieux agrégés (art. 85), il faut bien certes, nécessairement, que les corps opaques et colorés imperméables à l'air, le soient pourtant à quelque autre milieu plus subtil qui la produise; et dans le vide du moins, où il ne reste du fluide aérien qu'une quantité très faible et peu sensible, cette réflexion, à coup sûr, ne se peut opérer que par l'effet d'un autre milieu moins grossier et d'une différente nature; et c'est le fluide céleste ou l'éther. Imaginer que ces petits milieux différens d'où les réflexions intérieures dérivent, sont inhérens au corps même et font une partie de sa substance, ne nous paraît nullement admissible dans le général, puisqu'un mélange aussi parfait et aussi égal qu'il le faudrait supposer de ces deux sortes de milieux hétérogènes, le colorant et le coloré, ne se pourrait guère concevoir, et moins encore démontrer dans la généralité des corps naturels.

La seconde remarque que cette théorie nous suggère, c'est que tous les corps qui sont quelque peu colorés, ne peuvent être certainement des corps simples, ou véritablement élémentaires et in-

divisibles (P. N. art. 59) : ainsi la poudre que les physiciens nomment *zircone* ; d'après les chimistes, et qu'ils classent sans difficulté dans leurs systèmes parmi les cinq terres primitives, n'est évidemment pas, puisqu'elle est colorée, une substance simple et toute homogène, mais bien réellement, comme tous les corps qui réfléchissent au jour quelque couleur (art. 86), un agrégé véritable d'éléments distincts, et qui se peuvent séparer. Et que penserons-nous de tant d'autres principes éphémères de la chimie moderne plus incertains encore ?

88. Nous estimons donc que les couleurs dépendent d'une certaine disposition ou grandeur des particules dont les différens corps se composent, de laquelle disposition il résulte que les petites parties de ces corps doivent réfléchir, par leur seconde surface, les rayons de l'une des couleurs homogènes en plus grande abondance que ceux de toutes les autres couleurs (art. 82). D'ailleurs, la connaissance du mécanisme intime de cette coloration des petites parties de la matière, je veux parler des lois analytiques reconnues de la réfraction et de la réflexion de la lumière par chacune des alternatives de son mouvement, que le corollaire de la proposition troisième a développées, et nommément son *quarante-huitième* article, jointes aux notions précises que nous avons, par l'analyse de la proposition cinquième, de la règle générale selon laquelle sa

réflexion s'effectue à ses changemens de milieu, nous doit encore persuader, qu'en outre des rayons propres de la couleur spéciale que nous venons de dire que réfléchît chaque corps avec le plus d'abondance, il en réfléchit aussi plusieurs autres de chacune des couleurs simples du prisme, tant par la réflexion ordinaire de sa première surface extérieure, qui agit également pour tous les rayons homogènes (puisque leur quantité en effet s'y trouve la même, selon les principes du *quatre-vingt-troisième* article, dans chacun des accès de leur mouvement), que par celle aussi de sa seconde surface, quoiqu'elle y soit plus forte d'ailleurs, comme cette même théorie l'établit (art. 48), pour certains rayons colorés que pour les divers autres, selon qu'ils se rencontrent diversement à cette surface dans les alternatives de leur motion.

Si tous les corps effectivement étaient constitués d'une telle nature, qu'ils ne pussent essentiellement réfléchir sur tous leurs points que les seuls rayons de la couleur unique qui leur est propre, ces corps, illuminés des faisceaux d'une lumière homogène différente, devraient donc demeurer alors absolument obscurs et invisibles; et l'on expérimenterait, par exemple, que les corps bleus, si les rayons d'une toute autre couleur que la bleue les éclairaient, n'en devraient réellement réfléchir aucun à la vue, et qu'ils paraîtraient même parfaitement

noirs. Mais on éprouve, au contraire, pour les raisons que nous venons maintenant d'exposer, que tous les corps, de quelque nature et de quelque couleur qu'ils soient, réfléchissent à la vue sans exception toutes les lumières simples du prisme, quoique naturellement ils réfléchissent avec le plus de force et en quantité supérieure celle de la couleur spéciale qui leur est propre, que les diverses autres qui sont d'une autre nuance que la leur; et qu'empruntant de ces lumières simples qui les frappent leur couleur apparente, ils paraissent tous uniformément de la teinte unique des rayons qui leur sont envoyés par le prisme. (*Opt.*, lib. 1, pars. 2, exp. 6^e et 17^e.) Concluons donc, en général, avec Newton, que les couleurs des divers corps opaques dérivent de ce que, *par suite de la conformation particulière et des grandeurs de leurs petites parties constitutives* (art. 87), *certaines corps nous réfléchissent spécialement, et dans une abondance plus forte, certains rayons colorés que tous les autres* (art. 10) : *colores hinc oriuntur, quod à certis corporibus naturalibus certa radiorum genera reflectuntur reliquis omnibus copiosius, et ab aliis alia.* *Opt.*, lib. 1, pars 2, prop. 10.

89. Je passe aux dernières conséquences de cette théorie newtonienne, concernant la détermination des grandeurs des parties composantes des divers corps. Le savant auteur qui l'a conçue ayant

mesuré avec une rigoureuse exactitude, de la manière qu'il a été expliqué à son observation sixième, les épaisseurs respectives où chaque couleur est plus fortement réfléchie dans l'expérience des verres qui sont rapprochés à leur centre (art. 10), et ayant d'ailleurs reconnu, par de subséquentes observations, que la grandeur de ces épaisseurs colorantes est proportionnée constamment à la puissance de la réfraction des milieux (art. 40), et que les couleurs réfléchies ne changent point par la diversité des substances diaphanes qui environnent la matière éclairée d'où elles s'émettent, mais seulement que leurs degrés d'intensité varient selon ces mêmes substances (art. 86), ainsi que la soie, lorsqu'elle est humectée, a des couleurs moins vives et bien plus ternes, mais non pas différentes, que lorsqu'elle est sèche : il établit, d'après ces principes, pour les trois substances principales, le crystal, l'air et l'eau, des tables des épaisseurs diverses, exprimées en millièmes parties du pouce, où se doivent réfléchir dans chacune d'elles les sept couleurs de chaque série. Ces tables, dont nous avons extrait les proportions dont la figure douzième donne le tableau, nous font voir que les intervalles de chaque petite série des couleurs, qui sont naturellement ceux des accès de la plus vive lumière homogène, comme celle en effet qui détermine avec le plus de force les retours successifs de clarté et d'ombre, *se mesurent*

dans le crystal à très peu près par sept millionièmes des parties du ponce ou un peu plus *, et que ces séries elles-mêmes se doivent réduire le plus communément à ce même nombre de sept (art. 85). *Ibid.* lib. 2, pars 2.

Ainsi confiant dans l'exactitude de ses recherches, ce grand auteur crut pouvoir déduire aisément de ses calculs les grandeurs relatives des parties réfléchissantes des divers corps, que nous estimons en général se pouvoir rapporter communément à la densité des cristaux ; et il alla même jusqu'à espérer que peut-être il arriverait un jour où ses supputations se verraient confirmées par l'expérience, lorsque l'ingénieux artifice des microscopes aurait été porté graduellement à un si haut point de perfection, que les plus grosses de ces particules réfléchissantes pourraient même devenir visibles à nos organes : *equidem sperem futurum, ut grandiores particularum illarum ex quibus colores corporum pendent, discernere possimus* (*Ibid.* prop. 7). Le point difficile de la théorie lui paraissait presque se réduire à cela seul, de pouvoir déterminer chaque fois avec une précision assez exacte à quelle série des couleurs chaque variété des nuances devait être ramenée.

* Sept millionièmes font $\frac{1}{11136000}$ partie du ponce, et Newton indique pour cette mesure, à sa huitième observation du livre second, partie 4, $\frac{1}{1331157}$.

Nous nous bornerons à donner sur cet objet quelques-unes de ses conjectures les mieux fondées.

La *couleur des violettes* lui paraît être celle du troisième ordre, qui se réfléchit, d'après nos tables, à une épaisseur de quatorze millièmes ou environ des parties du pouce; ce qu'il conclut de ce que les acides, qui en atténuent les particules, changent la couleur bleue de leur sirop en le rouge de la seconde série, et les alcalis au contraire qui les épaississent, en font passer la couleur à un vert qu'il estime de la troisième. C'est à cette même série qu'il rapporte toutes les *couleurs herbacées* des plantes, parce qu'elles sont, dit-il, trop intenses pour qu'on les puisse présumer du quatrième ordre, et aussi parce qu'elles passent en se desséchant, les unes à un jaune tirant un peu sur le vert, les autres à l'orangé ou même au rouge, dont les teintes effacées dénotent le plus ordinairement des couleurs de cette troisième série; et il pense que ces mutations de leurs teintes ont leur cause dans l'épaississement des particules humides de la plante, par les sucs onctueux qui dans le dessèchement s'y agglomèrent, ou peut-être par l'accroissement de leur densité que ce dessèchement occasionne.

Mais les couleurs les plus claires et les plus brillantes de toutes appartiendront sans contredit au second ordre, et notamment, selon Newton, la couleur jaunée de l'or et le rouge intense du *cuivre*;

tandis que l'éclat et la splendeur éblouissante des *métaux blancs*, si ces corps, par les divers motifs exposés au *douzième* article de cet ouvrage, ne sont pas imperméables entièrement à la clarté du jour, nous dénotent sûrement des substances de la première série des couleurs. Car leur opacité, dit-il, ne peut avoir pour seule cause leur densité extrême, puisque, moins denses que l'or, le platine excepté, ils devraient être alors plus transparents, et que, au contraire, quelque atténués qu'ils soient, ils ne deviennent jamais diaphanes, lorsque réduit en petites lames assez minces l'or le peut lui-même devenir; il faut donc bien qu'un autre principe encore que leur densité même contribue à cette opacité remarquable; et ce principe, conclut Newton, c'est l'épaisseur de la couleur blanche de la première série colorée, où aucune lumière n'est transmise (art. 63). Si l'éclat blanchâtre de ces corps se devait rapporter proprement aux dernières séries des couleurs, où la blancheur se compose de la confusion uniforme des rayons simples de tous les genres qui sont réfléchis également (art. 85), comme la lumière qui est transmise à l'épaisseur où se manifestent ces séries, est dans les expériences des petits milieux colorés d'une semblable blancheur, il y aurait donc, lorsque les parcelles métalliques de ces corps seraient d'ailleurs assez subtiles, une partie des rayons qui en effet se trouveraient transmis dans leur substance;

et ces subtils corps, par cette transmission effective de la lumière, ne devraient-ils pas tous sans contre-dit paraître clairs et diaphanes, aussi bien que le papier, le linge, l'écume de l'eau et la neige, que Newton rapporte avec raison à ces dernières séries? Une autre preuve, qui ne semble pas moins puissante pour nous convaincre que la vive blancheur des métaux se doit classer toujours réellement dans le premier ordre des couleurs, se conclut de l'observation générale, « que la première et l'unique couleur qu'ils reçoivent par la division et la rupture » de leurs petites parties composantes, est constamment la couleur noire », dont la sombre et funèbre teinte est le premier degré de toutes les séries des couleurs. Les mutations variées des autres nuances qu'ils peuvent diversement revêtir en se décomposant, par l'action lente et successive de l'air qui les oxide (P. N. art. 219), ne sont visiblement que les résultats de l'altération progressive de leur nature, et elles ne sauraient convenir en aucune sorte à leur vrai état métallique. Et bien qu'il soit d'ailleurs véritable que l'étonnante ductilité de l'or, de laquelle aucun autre métal n'approche, et sa densité extrême, semblent indiquer, contre le sentiment de Newton que nous avons suivi, que les particules de ce métal sont essentiellement de leur nature plus fines et plus ténues que celles de tous les autres métaux; les motifs, cependant, dont cette assertion

s'appuie et se confirme nous paraissent éminemment justes et incontestables, et nous ne voyons point de raison solide pourquoi, si la couleur de ces métaux était effectivement du dernier ordre, ils ne devraient pas être au moins aussi diaphanes et aussi transparens qu'on expérimente qu'existe l'or, lorsqu'ils sont réduits à une subtilité assez grande; et nous savons que le platine, qui est plus dense que l'or même, est néanmoins un métal blanc. D'où il se doit conclure évidemment que la pesanteur de ce précieux métal jaune ne provient pas de ce que ses parties seraient plus petites et plus ténues que celles des métaux dont la couleur est blanche (P. N. art., 82), mais de ce qu'elles sont seulement plus nombreuses, ou plus compactes et plus rapprochées les unes des autres. Il est vrai encore que la blancheur de ces dernières substances métalliques n'est pas aussi parfaite ni aussi pure que se présente celle de la neige ou de la poudre fine du crystal, qu'à l'imitation de Newton nous avons rejetée dans les dernières séries colorées, et elle est plutôt une blancheur bleuâtre; mais il ne le faut sans doute attribuer qu'à leur éclat même et à la splendeur trop vive de la lumière, que tous ces corps réfléchissent dans une extraordinaire abondance.

L'*azur céleste*, de la même série que les métaux blancs, est réfléchi encore dans cette théorie par de plus subtils corpuscules. C'est la couleur des émanations de la terre avant que, plus condensées, elles

s'agglomèrent et s'amoncellent en nuages, qui revêtent, selon leurs épaisseurs, diverses nuances. Mais de toutes les particules colorées, les plus subtiles sans comparaison sont les petits agrégés de la matière qui réfléchissent la couleur noire (art. 87); ce qui paraît en ce que cette couleur est celle que la putréfaction destructive et la combustion, en séparant les élémens constitutifs des corps, impriment à toutes les parties divisées de la matière. Les corps noirs, qui absorbent et retiennent dans leur substance poreuse une lumière abondante, sont d'ailleurs ceux qui s'échauffent à la lumière le plus promptement; et il est certain qu'ils doivent avoir aussi plus de facilité, à cause de leur petitesse extrême, à recevoir les impulsions motrices des rayons, et, les privant ainsi d'une partie de leur rapide et lumineux mouvement, à les convertir, comme on le montrera, en les molécules de la chaleur. C'est encore par cette ténuité si grande qui les distingue, que, recouvrant de leurs subtiles parties colorantes les corpuscules plus gros des autres corps, ils leur communiquent par une impression facile leur teinture noire; et la proximité de cette couleur au bleu obscur de la première série est cause que les corps noirs, le plus souvent, paraissent tirer un peu sur le bleuâtre, et que la lumière que ces mêmes corps réfléchissent sur une feuille blanche a communément quelque teinte de cette dernière couleur de l'azur. *Opt.*, lib. 2, *ibid.*

EXPOSÉ DES EXPÉRIENCES DE NEWTON SUR
LES ALTERNATIVES LUMINEUSES.

90. *Expérience des prismes en contact.* — 91. *Expérience des verres objectifs qui se touchent.* — 92. Discussion sur la valeur réelle de cette expérience. — 93. *Expérience de la bulle d'eau de savon.* — 94. De son importance et de sa valeur. — 95. *Expérience du miroir ardent*; réfutation de Newton. — 96. Explication naturelle de cette expérience dans la théorie des accès. — 97. Pourquoi les apparences des couleurs dans les alternatives lumineuses ne se manifestent jamais sans une réfraction primitive, qui détourne et décompose la lumière. — 98. Phénomènes observés dans cette expérience du miroir. — 99. Que ces phénomènes ne peuvent avoir leur seule cause dans la réfraction du crystal. — 100. Théorie des halos par la décomposition de la lumière réfractée.

90. Jusqu'ici nous n'avons rapporté encore que par fragmens les expériences de Newton sur les alternatives de la lumière; ces courts extraits ont suffi pour confirmer d'une manière simple et générale la vérité des principes que l'objet de nos propositions était d'établir : mais il convient, pour compléter la démonstration entière de ces principes, de faire connaître maintenant ces expériences avec plus de suite et de détail, et nous les indiquerons ici succinctement.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Les prismes en contact. Opt. lib. 2, pars 1.

Obs. 1 et suiv.

Obs. 1. Newton ayant appuyé l'un contre l'autre deux prismes dont les côtés se trouvaient par hasard un peu convexes, remarqua que l'endroit où ils se touchaient paraissait comme un petit point noir étant regardé en-dessus, et comme un point blanc ou un trou lumineux, lorsqu'il le regardait à travers les prismes; de même en effet que les carreaux de vitre, et tous les autres corps qui laissent un passage libre à la lumière, paraissent noirs du côté du jour et lumineux à l'opposé. — *Obs. 2.* Et si l'on tournait les deux prismes sur leur axe commun, non pas assez cependant pour que toute la lumière fût réfléchiée sur leurs premières surfaces, il se formait alentour de l'obscur point noir des arcs colorés qui se dilataient de plus en plus, et devenaient des cercles. Les premiers étaient bleus et entremêlés d'arcs blancs, qui se colorèrent peu à peu sur leurs bords intérieurs de rouge et de jaune, tandis qu'extérieurement le violet, se joignant au bleu, environnait les couleurs nouvelles suivant cet ordre : tache obscure; cercle blanc, bleu, violet; cercle noir; cercle rouge, orangé, jaune, blanc, bleu, violet, et ainsi des autres séries

des couleurs, les rayons les plus réfractés par les prismes étant toujours les plus écartés du point commun de leur contact. En continuant le mouvement des deux prismes, ces cercles se resserraient de plus en plus comme ils s'étaient dilatés, jusqu'à ce qu'enfin ils ne se montrèrent plus que noirs et blancs, sans aucun mélange de couleur; et alors, leur rotation continuant, les cercles colorés se développèrent encore de nouveau, mais inversement et dans cet ordre: blanc, jaune, rouge; noir; violet, bleu, blanc, jaune, rouge. La cause en est, dit Newton à la seconde partie de son second livre, que la dilatation des anneaux bleus, par un effet de leur réfraction naturelle plus puissante, surpassant peu à peu celle des jaunes, des orangés et des rouges, qui étaient d'abord les plus écartés du centre de la tache, ils doivent se confondre tous dans un mélange uniforme à une certaine obliquité, et de ce mélange égal doit résulter la blancheur, tandis que les ombres, que l'expansion des couleurs ne recouvre plus, doivent reparaître alors distinctement entre ces anneaux blancs; mais l'obliquité des rayons croissant toujours, la dilatation des anneaux bleus et des violets viendra à surpasser tellement celle des jaunes, et celle-ci de même celle des rouges, que les couleurs devront à la fin reparaître et se développer de nouveau, mais dans un ordre inverse. Ce n'est ici évidemment qu'un simple effet de la réfraction particulière du prisme, que les

couleurs qui se forment, suivant les principes du *quatre-vingt-deuxième* article de ce livre, dans la lame d'air qui est interposée entre les cristaux, doivent nécessairement traverser pour parvenir ensuite au globe de l'œil.

2. *Obs.* 5. Pour que ces anneaux lumineux soient bien distincts, et alternativement noirs et blancs, sans aucune variété de couleurs, il convient, observe Newton, de les regarder toujours à quelque distance, ou du moins par l'écartement d'une étroite fente, qui, diminuant le nombre total des rayons qui les vont dépeindre au fond de l'œil, en rende ainsi plus nette et moins diffuse la perception; car, selon qu'on approcherait la vue davantage, quoique l'inclinaison des prismes demeurerait la même, les anneaux s'écarteraient cependant et se diversifieraient de couleurs, et leurs extrémités ne seraient plus distinctes : « Dont la raison est que les rayons de » lumière qui pénètrent dans l'œil aux divers points » de la pupille ont sur les verres des obliquités différentes, et les plus obliques y devant dépeindre » de plus larges anneaux respectivement (art. 35), » les orbites de chacun des cercles blancs se trouvent ainsi étendues dans leur largeur extérieurement par les rayons les plus obliques, et intérieurement par ceux qui le sont moins; » de sorte que ces orbites dans leur expansion devront recouvrir nécessairement tous les cercles noirs, et les nuancer

de plusieurs couleurs par la réfraction inégale des rayons simples, cette inégalité étant cause qu'ils se dilatent dans le prisme inégalement : « Et cette expansion de la lumière devra être d'autant plus considérable, que la différence de l'obliquité dans les rayons sera plus forte, c'est-à-dire que la pupille sera plus large ou l'œil plus rapproché des verres. » Il résultera aussi de cette expansion que le nombre des anneaux, dont on peut même compter, lorsqu'ils sont noirs et blancs, au-delà de trente séries, devra diminuer toujours graduellement lorsqu'on s'approchera des verres, et que les anneaux se revêtiront sur leurs bords de couleurs variées. Et si cette expansion des cercles continue, par la quantité toujours croissante des rayons qui parviendront à l'œil de tous les points, « toutes ces séries s'entremêlant enfin l'une dans l'autre, les plus extérieures d'abord, et ensuite les intérieures près du centre, on ne les pourra plus du tout distinguer, et elles se confondront absolument dans une blancheur égale et uniforme. » (*Ib.*, pars 2.) Observons d'ailleurs que, quand ces anneaux concentriques sont diversifiés des sept couleurs, le nombre de leurs séries est le même que dans l'expérience des verres objectifs de télescope, et Newton n'en compta pas alors plus de huit ou neuf; encore, dit-il, les dernières étaient bien confuses et bien effacées. La quantité plus grande de ces mêmes séries sur les prismes, lorsque

les cercles ne sont que noirs et blancs sans mélange, ne se peut donc attribuer qu'à l'effet seul de la réfraction de ces verres, qui, séparant par leur action infléchissante les rayons simples de la lumière, en retarde ainsi nécessairement la confusion naturelle; et un semblable effet se remarque même, à l'aide du prisme, ainsi que Newton le rapporte à sa vingt-quatrième observation, dans les anneaux plus réguliers que les verres objectifs nous présentent. — Art. 83.

3. *Obs.* 8. La tache noire, au centre des cercles, était resserrée dans sa plus petite étendue lorsque les rayons lumineux tombaient dans l'espace d'air entre les deux prismes le plus obliquement; et d'autant que leur obliquité diminuait, elle augmentait de plus en plus, jusqu'à ce qu'autour de son centre se fussent successivement répandus les différens cercles colorés, dont l'expansion toujours croissante, par un effet semblable à celui que nous venons tout à l'heure de remarquer dans les intervalles noirs, la diminuait progressivement, mais non pas autant qu'elle avait d'abord augmenté: ce qui fait voir que cette tache n'est pas seulement transparente à la partie des verres où ils se touchent, mais aussi à quelque intervalle de ce point. Et si on la regardait très obliquement, les cercles colorés disparaissaient, et quelquefois la tache elle-même s'évanouissait entièrement, et paraissait blanche et opaque comme tout le reste du verre; d'où il semblerait, dit Newton, que les pris-

mes alors se touchaient à peine, ou même qu'ils ne se touchaient point du tout, *vitra tum vix aut ne vix quidem se inter se contigisse*. Mais dans l'expérience qui va suivre sur les verres objectifs de télescope, cette variation de la grandeur de la tache centrale était si faible, qu'on la pouvait à peine discerner, *vix adeò ut sensu percipi posset*. Nous avons vu dans la section précédente, au scolie de la proposition cinquième (art. 62), l'usage que Newton a voulu faire de cette observation délicate pour réfuter les théories mécaniques de la réflexion, et ce qu'elle peut signifier dans le réel.

SECONDE EXPÉRIENCE.

Les verres objectifs qui se touchent. Ibid.

Obs. 4 et suiv.

94. *Obs. 4.* Newton prit encore deux verres objectifs bien polis, l'un plat convexe pour un télescope de quatorze pieds, et l'autre ample et convexe des deux côtés pour un télescope d'environ cinquante pieds de longueur, et plaçant sur celui-ci la surface plane du premier et l'appuyant lentement de la main, il vit des taches diversement colorées qui se succédaient l'une à l'autre, à mesure qu'il appuyait davantage, au centre du verre objectif supérieur, chacune se dilatant progressivement et for-

mant un cercle complet autour de celle qui la suivait d'abord ; et ainsi successivement sortaient du milieu des premiers cercles de nouveaux anneaux qui leur étaient inscrits, jusqu'à ce que, après plusieurs séries de couleurs, la tache noire parut, comme à la première expérience, au milieu des cercles colorés, qui l'environnaient dans cet ordre : bleu, blanc, jaune, rouge ; violet, bleu, vert, jaune, rouge ; pourpre, bleu, vert, jaune, rouge ; vert, rouge ; bleu verdâtre, rouge ; bleu verdâtre, rouge pâle ; bleu verdâtre, blanc tirant sur le rouge, et enfin blanc uniforme. — Prop. 6, corol. 4, et fig. 12.

Obs. 24. Ces séries de couleurs, à l'œil nu, ne paraissaient au plus que dans le nombre de 8 ou 9 successives ; mais si on les regardait à travers le prisme, elles se développaient en beaucoup plus grande quantité, et Newton, qui estima qu'il en paraissait de la sorte plus de cent, les concevait même innombrables. On ne pouvait voir alors de chaque cercle qu'environ la troisième partie, celle, dit Newton, vers laquelle la réfraction de la lumière se faisait ; les autres parties étaient trop confuses pour qu'on y pût rien distinguer. Quelquefois, lorsque les deux verres étaient appliqués l'un sur l'autre de telle façon qu'il n'était pas possible d'y découvrir à l'œil nu le moindre indice de couleur, et qu'ils présentaient sur leur entière surface une blancheur égale et uniforme, les cercles colorés paraissaient en regardant

par le prisme. La même observation se fit encore sur de légères lames de verre et de mica qui, parfaitement égales à la vue simple, présentaient à travers le prisme une grande variété de couleurs disposées çà et là par ondulation sans aucun ordre ; dont l'origine, comme nous l'avons expliqué dans le *cinquantième* article, est évidemment dans les inégalités de ces lames, dont la cassure brillante et vitreuse se montre toujours rude et ondulée. La cause de ces effets divers de la réfraction du prisme a du reste été indiquée ci-dessus, à la précédente expérience, alinéa second.

2. *Obs. 5.* Les anneaux les plus vifs et les plus clairs se répétaient dans la progression arithmétique des nombres 1, 3, 5, 7, des carrés de leurs diamètres, et les plus obscurs dans celle des nombres 2, 4, 6, 8 : et Newton mesura par trois épreuves, à l'observation subséquente (*obs. 6*), que les retours alternatifs de la plus vive lumière, ou ses réflexions successives dans la lame d'air, se faisaient uniformément à des intervalles d'environ une quatre-vingt-neuf-millième partie du pouce, qui est l'étendue des séries de cette même lumière (art. 89), lorsque son incidence dans cette lame était calculée perpendiculaire. — *Obs. 7.* Car suivant l'obliquité différente de l'incidence des rayons dans la lame d'air, les anneaux colorés variaient dans la grandeur apparente de leurs diamètres, et par conséquent dans celle aussi des intervalles

de leurs réflexions successives; et ils paraissaient d'autant plus petits que l'œil était placé plus près de la perpendiculaire dans leur axe, et d'autant plus grands qu'il s'en éloignait davantage ou qu'on les regardait plus obliquement. La différence de ces grandeurs, que Newton supputa avec une exactitude géométrique, et dont il a donné la précise mesure et dressé une table, était telle, qu'à l'obliquité la plus grande des rayons réfléchis, les intervalles des retours de la lumière semblaient être; à son calcul, douze fois plus grands qu'ils ne se trouvaient à une incidence perpendiculaire de ces mêmes rayons. On a entrepris déjà, en expliquant la vraie origine des accès, dans le scolie de la proposition troisième (art. 52), de faire connaître la raison de cet accroissement respectif des grandeurs par l'obliquité croissante de la réfraction. — *Obs.* 10. Mais ces intervalles des retours de la réflexion lumineuse variaient encore par la diversité des milieux en lesquels cette réflexion se faisait : ce dont le géomètre anglais se put convaincre en remplissant d'eau la distance que laissaient entre eux les deux verres; car les cercles alors paraissaient plus petits et plus resserrés dans leurs diamètres presque dans la proportion de 8 à 7, et les intervalles des accès sous ces mêmes cercles, par la mesure proportionnelle des carrés des grandeurs respectives de ces diamètres, étaient moindres à très peu près d'un quart; ce qui s'accorde avec la

proportion des sinus de la réfraction de l'air à cette substance de l'eau, laquelle a été reconnue dans le calcul comme 4 à 3 (art. 5) : c'est-à-dire que ces intervalles observent en général le rapport des réfractions des milieux qui occupent la distance mutuelle des deux verres. — Toutes ces différentes proportions, exactement mesurées, dans les grandeurs des anneaux, et par suite les intervalles des réflexions à toutes les obliquités et les puissances diverses de la réfraction des milieux, sont les fondemens principaux de la démonstration géométrique de la théorie générale des accès, ou du double mouvement de la lumière, que l'analyse nous avait déjà révélée. — *Section seconde*, art. 39, 40, 43.

On remarquait encore, à cette dernière épreuve, que les couleurs étaient moins vives naturellement, par les théories de la proposition cinquième, lorsqu'on substituait ainsi l'eau à la couche d'air entre les intervalles des deux cristaux objectifs, à cause de l'inégalité moindre qui s'ensuivait entre les puissances réfractives des deux milieux contigus. C'était aussi ce qu'on éprouvait en outre, par l'observation *vingt-unième* de Newton, sur de légères lames de mica très atténuées (art. 86), lesquelles faisaient paraître à la vue, étant humectées d'eau, des couleurs sensiblement plus pâles et plus languissantes que lorsqu'elles étaient bien nettes et bien séchées : et c'était principalement lorsque leur surface inférieure

était humide que leurs couleurs étaient toujours le plus faibles et effacées; car c'est en effet à cette surface, suivant notre article *quatre-vingt-deuxième* de ce livre, que la réflexion colorée a constamment lieu. Ce phénomène est une confirmation exacte des lois analytiques du *cinquante-neuvième* article de la proposition cinquième précitée.

3. *Obs. 23.* L'abondance de la lumière réfléchie était sensiblement plus forte dans les retours de ses accès aux premiers anneaux colorés, et elle s'affaiblissait graduellement dans les anneaux extérieurs, ou ceux dont les diamètres étaient les plus grands. Ainsi la lumière blanche de la première série était de beaucoup plus vive et plus abondante que celle que nous avons dit succéder à toutes les séries des couleurs (*supr., obs. 4*): et cela devait être, comme on le comprendra aisément par la nature même de ces apparences, expliquée dans le quatrième corollaire, ou simplement en jetant les yeux sur la douzième figure de ce Traité, puisque dans la première de ces séries colorées tous les rayons se rencontrent à la fois dans leur accès de la réflexion abondante, au lieu que dans les dernières séries il s'en rencontre autant, selon notre article *quatre-vingt-troisième*, dans l'une et l'autre de leurs alternatives motrices; et leur quantité relative dans chacune de ces alternatives lumineuses doit être proportionnelle évidemment pour les séries intermédiaires entre celles-ci.

La réflexion se devra donc faire uniformément dans les derniers anneaux où les couleurs cessent, suivant les lois générales qui sont définies à la cinquième de nos propositions analytiques, tandis que dans les premières de ces séries, où la quantité des rayons n'est pas égale, comme on le vient de dire, dans chacune de leurs alternatives différentes, elle est tour à tour beaucoup plus forte et beaucoup plus faible par accès qu'elle ne devrait être. Telle est la simple explication d'un phénomène dont Newton a cherché à tort de se prévaloir, ainsi que l'a montré le *soixante-troisième* article de la section précédente, pour en établir l'une des bases et l'un des appuis essentiels de sa théorie inexacte des réflexions.

Obs. 9. De même, si on regardait sous l'appareil de ces verres la surface inférieure du second crystal, on observait que la lumière transmise y dépeignait également des cercles colorés, mais qu'ils étaient très faibles et très effacés dans leurs teintes, si ce n'est cependant lorsque les rayons étaient émis dans le verre très obliquement; car on obtenait de la sorte, remarque Newton, des couleurs assez vives et assez brillantes, parce qu'alors, suivant l'observation du scolie de la proposition troisième, au *cinquantième* article, la différence de la transmission lumineuse par les deux accès est plus considérable et mieux marquée. Ces anneaux étaient plus pâles et moins colorés que ceux qui se manifestaient

par la lumière réfléchie, à cause de la quantité supérieure de la lumière émise sans aucun effet sensible de couleurs par la transparence naturelle du crystal, cette masse considérable de lumière, qui recouvrait et comme voilait par sa clarté abondante la faible apparence des anneaux, en empêchant la perception aussi distincte; car tous les rayons qui parvenaient dans une perpendiculaire incidence à la superficie du second verre la devaient naturellement traverser, d'après le même article *cinquantième*, sans distinction aucune de leurs alternatives motrices, c'est-à-dire sans le moindre indice de la décomposition de leurs couleurs. Ces cercles qui se formaient par la lumière transmise étaient d'ailleurs disposés comme il suit autour de la tache blanche que faisait paraître en-dessous des verres le point de leur contact : rouge jaunâtre, noir; violet, bleu, blanc, jaune, rouge; violet, bleu, vert, jaune, rouge, et de même des autres séries colorées, comme la figure douzième nous les dépeint, dans un ordre inverse et opposé de celles dont la lumière réfléchie occasionait en-dessus des verres la production; de manière que le cercle noir de ce même côté correspondait au cercle blanc des premiers anneaux, le rouge au bleu, le jaune au violet, et le vert au violet teint de rouge : c'est-à-dire que les couleurs de ceux des rayons qui étaient transmis paraissaient toujours opposées directement aux couleurs qui s'é-

taient formées par les accès de la lumière réfléchie. Cette neuvième observation de l'Optique, en même temps qu'elle est la confirmation la plus complète de notre théorie de la génération des accès par la décomposition naturelle du double mouvement lumineux, comme le *cinquantième* article l'établit, est encore l'une des preuves les plus certaines et les plus positives que l'on puisse fournir de la théorie newtonnienne des couleurs, telle que cette théorie est enseignée au corollaire 4 de la sixième proposition, et en particulier à son *quatre-vingt-deuxième* article.

4. *Obs. 12.* Ces observations primitives avaient été faites par l'exact Newton au grand jour. Mais lorsque, dans un endroit ténébreux, il eut fait tomber sur les verres objectifs les rayons décomposés du prisme que réfléchissait une feuille blanche, les apparences des divers anneaux colorés, par l'effet de cette décomposition première du verre prismatique, qui séparait déjà les unes des autres les couleurs homogènes de la lumière (effet que nous avons remarqué précédemment, au premier paragraphe, en expliquant la vingt-quatrième observation du livre de l'Optique), devinrent plus vifs à la vue, et plus brillans de beaucoup, et il en put compter au-delà de vingt. — *Obs. 13.* Et chacun des sept rayons homogènes, pris à part, étant réfléchi ensuite sur les verres successivement, la grandeur des divers anneaux colorés ne demeura

pas la même pour chacun, et l'épaisseur observée de la couche d'air où chaque couleur se réfléchissait, à toutes les positions et les obliquités de l'œil, était plus grande dans la lumière rouge que dans la lumière violette, suivant la proportion environ de 14 à 9, ou un peu plus. — *Obs.* 14. Pour déterminer aussi exactement que possible cette différence des grandeurs dans les intervalles des réflexions pour les différentes lumières colorées, Newton vérifia avec soin, par une précise mesure, que les diamètres des anneaux étaient plus grands dans la lumière rouge que dans la lumière violette, à peu près suivant la proportion de 4 à 3, ou de 5 à 4 : proportion qui était moyenne naturellement pour chacune des cinq autres lumières homogènes, selon l'ordre successif de leur réfrangibilité; d'où il reconnut, par un calcul très-approximatif, et d'après le rapport comparé des carrés de ces mêmes nombres, que les épaisseurs de la couche d'air entre les deux verres, ou les intervalles de la réflexion, étaient pour chacune des sept lumières primitives, depuis la couleur rouge jusqu'au violet, et en comptant de la plus grande circonférence des anneaux dans chaque couleur à leur circonférence la plus petite, c'est-à-dire en calculant de leurs huit limites réciproques, ou des huit points de la division de la ligne A7 ou $A\frac{1}{7}$ (fig. douzième), « comme les racines cubiques des carrés des longueurs des cordes qui sonnent dans l'octave ces

» huit notes, sol, la, fa, sol, la, mi, fa, sol, c'est-à-dire comme les racines cubiques des carrés des nombres 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$ et $\frac{1}{2}$, » ce rapport coïncidant parfaitement (art. 72) avec celui même des réfractions de chacune de ces sept lumières. —

Obs. 16. Les carrés des diamètres de ces anneaux, que formait sur les verres de télescope l'une quelconque des lumières du prisme, étaient d'ailleurs entre eux réciproquement dans la même progression arithmétique des nombres 1, 3, 5, 7, que lorsqu'on employait la lumière blanche du jour. — *Obs. 15.* Mais au lieu que dans cette lumière les couleurs des anneaux concentriques sont très variées, ils étaient tous alors de la couleur unique qui était envoyée sur les verres par le prisme, *toti videbantur eo uno colore qui esset in se à primate projectus*; et les rayons qui se transmettaient dans les intervalles noirs des anneaux lumineux peignaient également de cette même couleur émise du prisme la surface inférieure du second verre, sans nulle variation quelle qu'elle soit, qu'on pût remarquer dans sa teinte. — *Prop. 3, cor., art. 48; et prop. 6, art. 69.*

Ces dernières mesures de Newton sur les grandeurs comparatives des intervalles des pulsions dans les sept lumières simples, complètent, avec celles déjà données au second paragraphe des grandeurs de ces mêmes intervalles respectivement à la puissance de la réfraction et à son obliquité, toute la partie

géométrique de la théorie des accès, laquelle se déduit exclusivement des observations de cet auteur que nous venons de rapporter; et c'est d'après toutes ces diverses mesures, exactes ou approximatives, que sont établies au livre second de l'Optique les tables des épaisseurs, de Newton, dont la figure douzième offre un extrait.

92. Cette expérience ingénieuse, que Newton a le premier découverte, est d'une conséquence si étendue dans les théories exactes des petits mouvemens de la lumière, qu'il importe d'en savoir bien sentir et apprécier toute la juste valeur. On s'en représentera aisément l'effet général, si on applique sur une loupe un verre quelconque à lunette dont la superficie soit peu convexe, ou même tout-à-fait plane ou légèrement concave, afin que les distances entre les deux verres ne s'augmentant que peu à peu et par des accroissemens progressifs, la manifestation des accès, qui ne s'accomplit qu'à des intervalles très faibles (art. 83), devienne possible entre leurs deux surfaces. J'ai même produit tout ce phénomène par un simple débris de carreau de vitre que j'appuyais sur la surface de la loupe (art. 84); seulement les anneaux irisés qui en résultaient, très variés de figures, n'avaient pas la régularité exacte qu'ils présentent dans les verres objectifs ou à lunette. Je regrette fort que Newton, dans son exactitude géométrique, n'ait point cherché à définir les apparences qui de-

vraient résulter de cette substitution d'un verre plan au verre objectif supérieur, dont l'action réfractante sur la lumière, qui primitivement le doit traverser, est au moins fort suspecte et très équivoque (art. 50); et je m'étonne plus encore qu'il ait gardé entièrement le silence sur l'effet nécessaire et inévitable de ce premier verre sphérique. Il sentait bien sans doute la difficulté d'expliquer, d'une manière claire et satisfaisante à l'esprit, cette réunion embarrassante de circonstances contradictoires à son système.

Cependant la considération de cet effet de la sphéricité du verre, et spécialement l'observation générale que nous en avons déduite au quatrième corollaire, que cette manifestation des couleurs par les accès lumineux ne se fait pas sans une décomposition effective de la lumière, auraient pu conduire à penser qu'en cette décomposition des rayons simples résidât en effet tout le vrai principe de ces apparences colorées. Tel fut d'abord notre sentiment. Nous concevions que ce phénomène était le simple résultat d'une succession de réflexions mutuelles entre les surfaces vitreuses où la couche d'air est renfermée, lesquelles, par un effet semblable à celui de la réflexion multiple d'un miroir, analysée à notre *sixième* article, se renverraient de l'une à l'autre, comme deux glaces, les rayons simples de la lumière, décomposée, au point de contact où elle pénètre, par l'action

réfractive des deux surfaces vitreuses (ces surfaces, par leur jonction, formant autour de ce point comme un assemblage de petits prismes aériens, ou de pyramides sphériques, dont l'inévitable effet est généralement la décomposition des rayons); de manière que ce fussent, comme il nous semblait, les parties détournées de ces rayons réfléchis de surface en surface qui, transmises dans la substance intérieure du verre à chaque réflexion, y dépeignent de l'un et de l'autre côté les apparences de ces couleurs, comme se dépeignent sur les miroirs les réflexions multipliées des images. On se formera une idée assez juste de ce système, où nous avaient conduits les évidens paradoxes et les difficultés nombreuses de la doctrine newtonnienne, que la discussion du *cinquantième* article de ce livre a déjà signalée comme équivoque et très incertaine dans ses lois, et que nous montrerons bientôt erronée et contradictoire dans ses suites, si l'on conçoit que les deux lignes des répercussions alternes des rayons RL et TW, ou *rp* et *ts* (fig. 12), représentent les deux surfaces opposées des cristaux, où la couche d'air, ou la matière, quelle qu'elle soit, productrice des couleurs, est renfermée. Mais ce système, quoique élayé en apparence de raisons spécieuses, outre qu'il est loin de suffire pour expliquer tous les autres effets des réflexions de la lumière, dont la théorie seule des petits mouvemens lumineux nous peut aisément

rendre raison, et qu'il faut encore, pour le plus grand nombre de ces effets, avoir recours en beaucoup de points à cette théorie même, s'est trouvé d'ailleurs, par un examen plus attentif, manifestement opposé à plusieurs des circonstances des alternatives lumineuses, et contredit par d'incontestables faits. Car si le phénomène de ces alternatives était vraiment le simple résultat d'une décomposition naturelle de la lumière par la réfraction des angles ou l'inégalité des surfaces vers le point de contact où les deux verres se touchent, laquelle décomposition serait répétée à diverses fois par des réflexions successives des superficies de ces verres, il ne devrait point arriver qu'en soulevant peu à peu le verre supérieur, les dernières séries graduellement s'avancassent alors vers le centre, lorsque celles du centre disparaîtraient, de manière que chacune des couleurs successivement vinssent occuper l'une après l'autre le milieu des cercles, tantôt la rouge, et tantôt la verte ou la bleue, dans un ordre inverse; bien souvent, à celui du spectre solaire: ou si ce phénomène avait sa cause unique dans l'écartement et la séparation des rayons simples que doit produire leur transmission inégale par les surfaces obliques du premier verre, comme on expérimente que les objets considérés à la loupe se revêtent, à une certaine distance, de couleurs sur leurs extrémités, certainement, dans un espace aussi petit qu'un quinze-millième au plus de la mesure

du pouce, un tel effet de la réfraction ne pourrait être sensible jusqu'à opérer une diversité si remarquable des couleurs homogènes du jour; et ces couleurs enfin ne devraient point cesser entièrement dans un espace quelque peu plus grand que ce faible intervalle, puisque l'expérience au contraire nous enseigne que, quand la lumière qui est réfractée par les prismes est un peu abondante, elle ne commence à se revêtir de couleurs à ses extrémités qu'à une distance de beaucoup plus forte que n'est la longueur de tout un pouce, et que ce n'est même qu'à un assez grand intervalle que sa décomposition est parfaite et bien entière. J'ajoute à tous ces faits incontestables, et qui nous semblent prouver indubitablement que ces singulières apparences ne peuvent avoir sûrement leur unique cause dans la réfraction seule du crystal, qu'aucune loi réfractive que l'on connaisse n'expliquera jamais bien cette opposition si constante des couleurs, qui fait que quand le centre des verres ou le sommet de la bulle, par exemple, réfléchit en-dessus la couleur bleue, regardé en-dessous, il paraît rouge, et que réciproquement, quand en-dessus il est rouge, il paraît bleu en-dessous; et la diversité des deux phénomènes des alternatives et de la réfraction est d'ailleurs si évidente et si certaine, que la lumière violette, qui, par la réfraction du crystal, est la plus dilatée en largeur et la plus écartée, est celle qui, dans l'ex-

périence des accès, forme les anneaux les moins larges et les moins étendus, ou du diamètre le plus petit. L'expérience de la bulle, que nous allons maintenant faire connaître, achèvera, s'il reste encore quelques doutes, de les dissiper entièrement, et elle éclaircira toutes les difficultés que les premières auraient pu faire naître à l'esprit.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

La bulle d'eau de savon. Ibid., obs. 17 et suiv.

93. *Obs. 17.* Une bulle d'eau de savon gonflée d'air, qu'un léger cylindre transparent préservait des vacillations extérieures de l'atmosphère, parut ceinte uniformément à son sommet, de même que les verres dans la précédente expérience, de cercles colorés concentriques, qui se succédaient et se répandaient, à mesure que s'écoulait l'eau, sur toute la surface de la bulle, de la même manière approchant que dans cette expérience se dilataient les anneaux quand on pressait les verres de plus en plus et qu'on les resserrait de la main l'un contre l'autre, jusqu'à ce que, par l'absorption de tous les rayons lumineux sur sa surface affaiblie, il se forma peu à peu dans le centre même des anneaux une tache ronde et obscure, et que la bulle, devenue trop faible, vint à se rompre. Souvent, dans cet écoulement de

l'eau, il s'engendrait çà et là de petits globules qui formaient sur la surface aqueuse de légères taches colorées se mouvant de tous les côtés irrégulièrement ; ou bien il paraissait aussi comme des taches noires qui, s'élevant peu à peu, s'allaient confondre et réunir à la grande tache obscure.

Obs. 18. Les séries des couleurs de ces anneaux étaient plus brillantes et sensiblement plus vives que n'avaient été celles que la couche d'air interposée avait produites dans l'expérience des verres de télescope rapprochés. Leurs premiers indices, qui ne laissèrent voir d'abord que les teintes primitives du rouge et d'un bleu rare et clair, auxquels bientôt se joignit une légère nuance de verdâtre, étaient faibles et peu distincts, et d'un coloris très pâle et très effacé : ce ne fut qu'après trois séries successives de ces couleurs, que le rouge commença de se montrer dans un degré plus intense ; et au rouge succéda un *vert* tendre de saule clair et assez fourni (art. 89), qui d'abord parut un peu tirer sur le jaune et se nuança ensuite de bleuâtre. Mais il ne parut point de bleu ni de violet après cet anneau vert, qui fut suivi du rouge un peu pourpré de la troisième série, et immédiatement après d'un jaune clair et foncé, quoique pourtant rare ; le *vert* qui se manifesta après ce jaune était foncé aussi et abondant, plus abondant et plus pur que dans les séries précédentes, et même que dans toutes celles qui le suivirent ; et il lui suc-

céda un beau BLEU céleste azuré, *color cyaneus optimus*, et à celui-ci un anneau pourpre. La couleur ROUGE de la seconde série fut très vive et très éclatante, et, au sentiment de Newton, de la plus belle pureté, *et colorum omnium rubrorum optimus* : il dit la même chose encore du JAUNE de cette même série, qui succéda à une belle couleur d'or; mais le vert qui les suivit immédiatement était très pâle et effacé, et il semblait plutôt un blanc verdâtre qu'une véritable couleur verte : enfin le bleu, qui terminait la série, était très beau et clair, *valdè bonus*, mais inférieur cependant quelque peu à celui de la série précédente; et le violet, quoique moins abondant que le bleu, offrait aussi une couleur intense et bien foncée, *satur erat ac plenus, quantitate autem minor*. Ces deux couleurs étaient dominantes encore dans le rouge de la première série, qui, succédant ici à toutes les autres, était la dernière de la bulle, et le mélange qui en résultait dans sa teinte lui donnait l'aspect de l'écarlate ou d'un pourpre violet, *coccineus erat in violaceum desinens*; ce rouge se termina promptement dans une couleur orangée, à laquelle succéda un jaune rare et pâle, qui se confondit bientôt dans une BLANCHEUR vive et uniforme : celle-ci se répandit peu à peu sur la plus grande partie de la bulle, en même temps que le sommet en devenait sombre et nébuleux de plus en plus; et il s'y forma comme nombre de fentes, en ma-

nière de réseau, qui se revêtirent d'une *couleur bleue* assez pure, mais *obscur* et terne, laquelle se dilatant en la même sorte par toute la bulle, se fonçait continuellement, jusqu'à ce que l'obscurité du NOIR l'eut remplacée, et que la bulle bientôt se rompit. — *Prop.* 6, cor 4.

2. *Obs.* 19. Les anneaux, comme ceux des verres de télescope, se dilataient suivant que les rayons réfléchis parvenaient à l'œil par une inclinaison plus oblique, mais c'était dans une proportion beaucoup moindre qu'ils ne s'étaient d'abord étendus à cette première expérience; car la dilatation la plus grande ne surpassait ici la plus faible que de moitié, c'est-à-dire qu'elles se comportaient mutuellement selon le rapport de 2 à 5 : ce qui est d'accord avec la règle précise que Newton donne de ces accroissemens progressifs, respectivement aux grandeurs des différens angles de la réfraction lumineuse. Car si l'on suppose que l'épaisseur primitive où l'une des couleurs est réfléchie dans un milieu quelconque soit représentée par 10 à une transmission perpendiculaire des rayons dans ce milieu, l'angle de la réfraction étant nul, Newton établit que, quand cet angle sera de 30 degrés environ, l'épaisseur réfléchissante du milieu devra être proportionnellement de $11\frac{1}{2}$; qu'elle sera de 13, si l'angle de la réfraction se mesure par 40 degrés; de $15\frac{1}{2}$, s'il en comprend 50; de 20, s'il est de 60; de $28\frac{1}{4}$, s'il est de 70; de

52, s'il est de 80; et enfin de $122\frac{1}{2}$, si cet angle était parvenu à son ouverture la plus grande de 90 degrés. Or, la lumière qui est transmise des espaces intérieurs d'un corps dense à l'air atmosphérique, s'y pouvant toujours réfracter par un angle de presque 90 degrés d'ouverture, il en résulte que, selon Newton, l'accroissement des épaisseurs réfléchissantes dans ce fluide, ou la dilatation des intervalles successifs des accès dans les rayons (art. 52), pourra même devenir duodécuple (art. 91 n. 2) à l'obliquité la plus grande de la réfraction lumineuse; au lieu que, si la lumière passe au contraire de ce milieu rare dans la substance de l'eau, comme le plus grand angle possible de sa réfraction, c'est à savoir, quand son incidence est supposée de 90 degrés à la surface, ne comprendra au plus dans cette liqueur que 48 degrés et 35 minutes, le plus grand accroissement possible des accès lumineux ne pourra non plus surpasser évidemment la proportion de 15 à 10, qui est celle indiquée pour ce même angle aux tables synoptiques de Newton; et cette proportion nécessairement deviendra moindre encore dans toute substance dont la puissance réfractive plus forte se mesurera respectivement par un angle d'une ouverture plus petite. C'est ce que l'expérience a démontré exact et véritable par l'épreuve que l'illustre auteur en a faite sur l'écume brillante ou les scories des divers métaux en fusion,

en lesquels l'angle de la réfraction étant moindre proportionnellement, les mutations des couleurs, ou la dilatation des anneaux par l'obliquité, étaient moins sensibles aussi de beaucoup qu'on ne les observait sur la bulle; et il a vérifié constamment qu'elles étaient d'autant plus faibles et moins distinctes, que la substance où se produisaient ces couleurs était plus compacte et plus dense. Cette vérité, que l'expérience lui apprit, a dû le conduire et le déterminer à l'opinion que nous l'avons vu professer à notre *quatre-vingt-sixième* article, que la matière dont les particules colorées des différens corps naturels se composent est en général toujours plus dense que les petits milieux réfringens qui les environnent et dont la résistance est le principe de leur réflexion colorante (art. 85).

Quelquefois une seule et même partie de la bulle, étant observée sous des aspects ou à des inclinaisons différentes, réfléchissait à de différens spectateurs des couleurs diverses; et quelquefois encore, lorsque la bulle entière était partout d'une épaisseur si égale qu'elle paraissait toute de la même couleur uniforme, excepté pourtant près de la tache noire à son sommet, les couleurs que les rayons les plus obliques faisaient voir à l'extrémité de son contour n'étaient plus les mêmes à la vue que celles qui se manifestaient aux autres lieux par des rayons moins obliques, cette obliquité considérable des

premiers rayons étant cause qu'ils avaient à traverser dans la bulle une épaisseur beaucoup plus forte de sa matière, d'où leur couleur nécessairement devait changer. C'est peut-être d'une conformation analogue dans leurs petites parties colorées, c'est-à-dire de la sphéricité réelle de ces parties, que proviennent les couleurs changeantes qu'on remarque en différens corps naturels, tels, par exemple, que l'espèce de marbre qu'on a nommée la *luma-chelle* de Carinthie, et aussi différentes étoffes et tissus de soie (art. 86). — *Obs.* 20. Enfin on éprouvait, comme à la neuvième observation de l'expérience précédente, que la couleur de la lumière transmise était toujours directement opposée à celle qui se manifestait par réflexion : car « lorsque la bulle, à la » clarté réfléchie des nues, paraissait rouge à son » sommet, les nues regardées en même temps, » ou aussitôt après, à travers la bulle, paraissaient » bleues au même endroit ; et lorsque la bulle au » contraire se colorait de bleu à la lumière réflé- » chie, on la voyait rouge par la lumière trans- » mise. »

94. Si la précédente expérience sur les verres objectifs de télescope semblait laisser encore quelques doutes sur l'origine de ce singulier phénomène des couleurs (art. 92), celle-ci, par la clarté nouvelle qu'elle y répand, les doit dissiper tous sans aucun nuage ; car il n'y a point de système de ré-

flexionssuccessives d'une lumière hétérogène décomposée qui puisse expliquer dans cette bulle des apparences si réglées et si constamment égales, puisque nous venons de voir que souvent même sa couleur est semblable et uniforme sur toute sa surface entière. On ne peut prétendre non plus que ce phénomène ait sa vraie cause dans la résistance plus ou moins forte que la bulle, selon ses épaisseurs différentes, oppose aux différens rayons de la lumière; de façon que les plus subtils de ceux-ci, en effet, fussent réfléchis constamment par les épaisseurs les plus faibles, et les plus massifs par les plus grandes; puisque cette réflexion des rayons simples n'est pas disposée au réel suivant cet ordre de leurs puissances respectives inégales, mais bien par des séries mêlées et alternatives qui suivent l'ordre immédiat de leur propriété réfrangible, et que la plus vive et la plus abondante des lumières de toutes ces séries colorées, qui est la lumière blanche du premier ordre (art. 89), est réfléchie au contraire à l'épaisseur la plus faible de cette même bulle, et qu'elle se montre, après le bleu obscur qui lui succède, la plus voisine de l'obscur apparence de la couleur noire. A quoi d'ailleurs attribuerait-on, dans cette hypothèse sans fondement, toutes ces séries diversifiées de toutes les sortes de couleurs, qui, en se succédant, font que les rayons alternativement s'entremêlent, et que le violet, par exemple, de l'une

des séries est réfléchi à une épaisseur plus forte et plus massive que le jaune de la série qui le suit? Voudrait-on feindre que l'eau, en se retirant, dût former autour de la bulle comme de petites couches successives qui, semblables à autant de cordons, seraient capables, par leurs inégalités très réelles, de produire la décomposition totale de la lumière et toutes les nuances de ces séries? Mais outre que les anneaux successifs de ces couleurs ne seraient pas aussi réguliers et uniformes que l'expérience nous prouve qu'ils le sont, les lois exactes et bien constatées de la réfraction, je le répète, démontrent incontestablement que de si faibles et imperceptibles inégalités ne pourraient jamais, en un si faible espace, opérer une décomposition bien sensible de la lumière. Il faut donc très certainement reconnaître dans le phénomène de ces alternatives une autre cause que la seule réfraction de cette lumière, et une autre cause aussi que la résistance naturelle de la solidité des corps : cette cause, comme l'a fort bien assigné Newton, est l'inégalité des accès dans les différens rayons homogènes (art. 82). Ainsi cette expérience, qui éclaircit aisément ce que la précédente pouvait avoir encore d'équivoque, ne laisse plus sur cette belle théorie aucun doute ni aucune difficulté essentielle qui la puisse affaiblir en quelque point.

Ce phénomène de la succession des couleurs sur

une mince lame transparente n'est pas uniquement particulier à l'eau qui serait imprégnée de savon : il se manifeste encore dans le même degré, non seulement, comme nous l'avons remarqué à l'observation dix-neuvième (art. 95, n. 2), dans tous les métaux et les matières en fusion, mais aussi dans toutes les liqueurs, quelles qu'elles soient, qui sont réduites à ces minces lames d'une assez subtile épaisseur; et je l'ai pu souvent observer dans les bulles mêmes de l'eau pure, quoiqu'il est vrai difficilement à cause de leur faible durée; dans l'écume ou les jaillissemens du vin rouge, où les couleurs intenses et très tenaces ne s'alternent qu'à peine et avec lenteur; dans les petits globules qui s'élèvent sur le vin blanc qui pétille; dans les pétillemens de la bière et sa mousse blanche et poreuse, comme aussi dans les globules légers que forment l'huile, le bouillon et les autres semblables liqueurs.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

« *Le miroir ardent. Opt. liv. 2, part. 4.*

95. Aux trois ingénieuses expériences qu'on vient de lire, qui seraient sans doute par elles-mêmes très suffisantes, et la dernière seule, pour établir d'une manière incontestable et précise toute la théorie newtonienne des couleurs, Newton en ajoute encore, à la quatrième partie de son second livre, une dernière qui, si elle avait vraiment les

conséquences que ce savant auteur lui attribue, loin de confirmer en aucune sorte la théorie qu'il en prétendrait appuyer, la contredirait entièrement, et en rendrait même douteuses et équivoques les conclusions les plus certaines. Il est palpable en effet que s'il était bien prouvé réellement que le phénomène de ces couleurs se dût manifester même à un intervalle d'un quart de pouce et au-delà, ou, selon Newton, à la trente-quatre mille trois cent-quatre-vingt-sixième série, il n'y aurait plus aucun moyen possible de reconnaître quand les moindres parties des corps opaques qui nous réfléchissent les rayons d'une certaine couleur devraient être de cette dernière épaisseur d'un quart de pouce, ou seulement de six ou sept millièmes de cette même épaisseur : contrariété étrange de mesure, dont les conséquences, poussées aisément à l'absurde, nous présentent l'un de ces paradoxes évidens du système newtonien qui, en dépit de ses nombreuses et incontestables expériences, l'ont fait rejeter unanimement d'un si grand nombre de mathématiciens habiles et de célèbres philosophes.

C'est par l'erreur d'une direction fautive dans ses recherches analytiques sur l'expérience que nous allons ici rapporter, que cet illustre géomètre est tombé dans cette choquante et manifeste contradiction. L'observation et le calcul, d'accord entre eux, lui avaient paru indiquer que le phénomène des

couleurs que fait paraître dans une chambre obscure la réflexion d'un miroir concave est produit par cette faible et débile lumière qui, ainsi qu'on l'observe de tous les corps polis en général (art. 46), dispersée de tous les côtés sans aucun ordre à la réflexion du rayon sur l'étamage du miroir, dépeindrait, selon les obliquités différentes où elle en serait renvoyée vers la première surface du crystal (comme elle s'y rencontre ainsi à des accès différents de son mouvement, d'où certains de ses rayons se doivent réfléchir en arrière sur le mercure, et les autres se transmettre au contraire avec plus d'abondance hors du miroir), les apparences variées de ces couleurs sur la surface opaque du corps blanc qu'on présente à ses rayons réfléchis : *quod radii unius ejusdemque generis emergent è vitro in unâ obliquitate, in aliâ autem non emergent, sed reflectentur à ceteriore vitri facie retrò ad argentum vivum.* (Obs. 7.) Sans entrer ici dans la discussion du fond même de cette théorie de Newton, que je crois juste, le calcul aussi nous a montré, par le quatrième corollaire de la proposition qui précède (second article), que la manifestation des couleurs dans les accès lumineux doit cesser entièrement de devenir sensible à un très faible intervalle : et l'expérience a confirmé pleinement nos calculs. Car si la théorie de Newton était vraie dans toute l'étendue qu'il lui suppose, il n'y aurait assurément nulle

raison pour que le premier débris quelconque de crystal, quelle que son épaisseur pût être, ne dût point, même au grand jour, présenter uniformément sur sa surface les mêmes apparences des couleurs que les verres objectifs, les bulles, les lames de mica, les prismes, ou toute autre matière réfléchissante; mais ces apparences, au contraire, comme on l'éprouve, ne se manifestent jamais que dans les seuls cas qui sont déterminés exclusivement dans les limites de l'article cité : elles ne devraient donc point bien certainement se continuer, comme l'avait feint Newton, jusqu'à la trente-quatre mille trois cent quatre-vingt-sixième série des accès, ou quelque autre semblable série d'une aussi grande distance.

Cette théorie subtile du géomètre anglais, quoiqu'elle paraisse inébranlablement affermie sur l'exactitude rigoureuse des mathématiques, dont elle s'étaie partout, se pourrait donc manifestement contester comme contradictoire et fort douteuse dans les principes généraux qui l'établissent; ses calculs même si profonds ne semblent-ils pas encore n'être qu'illusoires, dès qu'ils se basent essentiellement sur des données incertaines, hypothétiques, ou qui du moins ne sauraient être seulement dans la réalité qu'approximatives? Telle doit paraître sans contredit toute la géométrie savante et élaborée en pure perte de son observation huitième; car, sans parler d'ailleurs de la loi de sa proposition

quinzième du second livre, dont il s'appuie, sur l'accroissement que la réfraction doit causer dans les intervalles des pulsions, loi que la discussion de cet ouvrage a convaincue en effet impossible et déduite à faux (art. 52), la mesure des intervalles de ces pulsions, qui n'est et ne peut être autre au réel qu'une évaluation seulement plus ou moins rapprochée, est cependant toute l'incertaine base des calculs de cette huitième observation de son Optique, où il avait crudémontrer par d'incontestables chiffres son équivoque hypothèse. Mais outre qu'une exacte mesure, par l'effet de la propriété compressible du crystal dans l'expérience des deux verres de télescope, d'où cet auteur a déduit toute la géométrie des accès (art. 91, n. 4), devenait effectivement très difficile et impossible peut-être, et qu'il ne parait pas que ce savant ait bien su apprécier dans ses évaluations l'inégalité très réelle des transmissions de la lumière, dont nous avons montré à diverses fois, et nommément aux *cinquantième* et *quatre-vingt-quatrième* articles, qu'il n'a tenu aucun compte, les deux supputations différentes d'où il a conclu cette mesure des intervalles des accès, en les supposant même sûres et infaillibles, variaient encore l'une de l'autre d'une partie et un quart sur mille parties; de sorte que, d'après cette évidente variation des nombres mêmes qui ont fourni tous les autres, au lieu que ce dût être, comme il le suppose, la trente-quatre

mille trois cent quatre-vingt-sixième série des couleurs qui fût réfléchië par son miroir ardent, ce pourrait être aussi bien la trente-quatre mille quatre cent-vingt-neuvième, ou même toute autre série fort différente et fort éloignée de ces mesures; et si son calcul est bon et inattaquable pour la trente-quatre mille trois cent quatre-vingt-sixième série, sur laquelle il le base, certainement il devra être faux de tous points et chimérique pour toute autre série quelconque des couleurs, qui néanmoins pourrait être bien la véritable. Telles sont les raisons principales qui pourraient faire justement suspecter la validité réelle de cette masse savante de chiffres, dont ce philosophe se hérissë dans ses ouvrages comme d'un inexpugnable rempart. Et je renouvellerai par circonstance cette remarque, qu'on a eu souvent déjà l'occasion de faire, c'est qu'on attribue en physique trop généralement une confiance aveugle aux conclusions compassées des mathématiques, sans examiner assez et ce qu'elles signifient au total et ce qu'elles peuvent prouver de réel. Ainsi la théorie d'Euler sur les motions lumineuses n'est nullement prouvée, et cependant, s'il l'en fallait croire, l'algèbre et la géométrie la déclareraient infallible.

96. Mais si la manière dont Newton explique ces couleurs par les alternatives lumineuses doit paraître, pour les diverses raisons contradictoires qui

viennent d'être ici développées (art. 95), inexacte et fautive, son opinion, qu'ellesse devaient produire dans le miroir par la lumière, qui, se venant briser en faisceau sur l'étamage et s'y dispersant dans tous les sens, retournait ainsi vers la première surface du crystal en différens de ses accès, est néanmoins encore, la plus simple et la mieux confirmée que nous estimions qu'on puisse établir avec fondement sur ce phénomène, que ce grand auteur a le premier observé. Ce n'est pas de la même sorte que Newton que nous concevons d'ailleurs l'effet de ces alternatives lumineuses. Un rayon qui se réfléchit dans la substance d'un miroir, par la démonstration de la proposition vingtième de l'Optique, que le *quarante-septième* article de cet ouvrage a confirmée en partie (car pour l'énoncé même de cette proposition newtonienne, ou son théorème, il ne nous paraît pas suffisamment constaté), doit retourner à la première surface du crystal par une succession de ses accès constamment rétrograde de celle qui l'avait fait mouvoir dans ce milieu avant sa réflexion sur le tain, et il ne doit pas très certainement, après cette réflexion qui le repousse, continuer la succession première de ses accès, comme s'il n'eût point cessé au réel de se porter toujours en avant dans sa primitive course; c'est-à-dire, pour illustrer le précepte par un exemple, qu'un rayon (figure ouzième) qui du point R se sera propagé jusqu'en W, s'il vient à

se réfléchir à ce point, au lieu de continuer après cette réflexion la succession des accès qu'il aurait suivie s'il se fût avancé toujours sans interruption dans la direction de RL, devra retourner uniformément par une succession rétrograde dans ses précédens accès progressifs WK, et KT, et TR. La vérité de ces notions très simples est incontestable, et elle ne se peut en aucune sorte révoquer en doute, puisque c'est uniquement par leur seul moyen que se peuvent clairement concevoir les apparences si nettes et si régulières des couleurs que la réflexion nous fait voir dans les verres objectifs de télescope ; régularité assurément qu'on n'observerait point si, au lieu que les divers rayons revinssent tous, comme on le vient de dire, dans les mêmes accès rétrogrades, ils continuaient directement après leur réflexion la succession commencée de ces mêmes accès. Tel est le principe d'où s'explique sans aucune peine tout le phénomène observé. D'après ces notions simples et claires, en effet, conséquences des règles mêmes de l'Optique, lorsqu'un rayon réfléchi a parcouru, dans la substance d'un miroir, la même étendue de chemin qu'il avait dû faire pour parvenir de la première surface à l'étamage, il est revenu ainsi dans son retour à la même de ses alternatives qu'il avait nécessairement contractée, par le *quatre-vingt-deuxième* article, en s'y transmettant, c'est-à-dire qu'il est revenu (fig. 12) au point

R de ses accès; et si le miroir, en quelque manière que ce puisse être, étant d'une épaisseur inégale à son mouvement, soit par la figure naturelle que la glace observe, ou (art. 43) par l'obliquité seule de la lumière (comme est plus long et plus étendu fig. 14, le chemin Xd que le premier chemin Xe), le rayon, à son retour rétrograde à ce point R, n'atteignait point la première surface du crystal, continuant toujours à se mouvoir vers cette même surface, il devrait recommencer de nouveau dans sa progression l'ordre primitif de ses accès; et supposé qu'il vint alors à atteindre la superficie du miroir avant qu'il eût encore accompli exactement huit ou neuf des séries successives de sa motion, il ne pourroit point s'y transmettre, par le principe du *quatre-vingt-troisième* article, sans y produire, comme à ces mêmes accès dans l'expérience de la bulle, une apparence sensible de couleur : et l'on conçoit qu'il en devrait produire également, si, au lieu que le crystal, à l'endroit où la lumière réfléchie se devait transmettre, fût plus épais quelque peu, il se rencontrait en ce même lieu, au contraire, un peu moins fort, et que le rayon, en y parvenant, se trouvât plus reculé du point R d'un intervalle moindre que huit ou neuf des alternatives de son mouvement.

Ainsi se présente à notre esprit l'origine véritable du phénomène des couleurs dont nous recherchons ici la nature. Newton, qui concevait, comme je l'ai

dit (art. 95), et qui établit positivement, à la proposition douzième de son second livre de l'Optique (art. 50), que les alternatives des réflexions et des transmissions inégales des rayons simples se continuent même sans interruption aucune jusqu'à une succession de plusieurs milliers de séries, contre les principes que l'expérience nous a fait poser comme certains au *quatre-vingt-troisième* article de cette Analyse, imaginait dans cette expérience du miroir, par une application qui ne me paraît pas assez fondée, et qui sûrement est trop étendue, de la règle de sa proposition quinzième sur les accès, laquelle n'est prouvée et ne se peut expliquer aisément que dans le seul cas d'une obliquité réelle de la transmission lumineuse dans les milieux (art. 51 et 52), que ceux des rayons de cette lumière débile que nous avons dit (art. 95) être dispersée sur la surface étamée du miroir, qui ressortaient ensuite de la substance vitreuse dans une inclinaison plus oblique, relativement à l'axe de la sphère, qu'ils n'y étaient entrés, devaient contracter naturellement par cette obliquité plus grande, ainsi que les rayons qui sont réfractés obliquement dans l'expérience de la bulle et sur les verres objectifs de télescope, de plus grands intervalles respectifs de leurs accès lumineux. Mais la diversité des phénomènes est ici bien distincte et bien manifeste; et s'il est reconnu, par le *quarante-troisième* article, que la grandeur

des accès doive effectivement changer selon l'obliquité différente où la réfraction s'accomplit, il ne l'est pas de même qu'elle doive changer également par la réflexion simple de la lumière, ainsi que Newton le concevait dans ses observations sur le miroir, et comme il semble l'avoir voulu établir dans l'énoncé de sa proposition vingtième du second livre. *In illis [inquit] radiis qui reflectuntur obliquius quàm ingrediuntur, in iis sanè vicium suarum intervalla majora sint oportet post reflexionem quàm antè* (Obs. 7, pars 4). L'analyse des petits mouvemens lumineux ne nous a fait découvrir dans les rayons aucun principe positif qui pût faire supposer le moins du monde l'existence d'une semblable loi réflexive; car la loi de la réflexion est une et invariablement toujours la même (art. 2): elle est la même pour chacun des rayons et leurs petits mouvemens intérieurs, que pour le faisceau général de ces mêmes rayons. Mais cette loi nouvelle de Newton fût-elle vraie d'ailleurs et bien constatée, la certitude de l'origine naturelle que nous venons d'assigner aux apparences irisées du miroir, si elles ont leur seule cause dans les accès, n'en saurait être encore affaiblie, puisqu'elle se fonde essentiellement sur le fait unique, indépendant de toute hypothèse, que le *quatre-vingt-troisième* article de ce *Traité* a suffisamment établi.

97. La cause du phénomène de ces couleurs nous

paraissant donc résider essentiellement (art. 96) dans l'épaisseur inégale de la substance du miroir que les rayons réfléchis ont à traverser, on se demande pourquoi il ne se manifesterait point aussi bien par la réflexion ordinaire des glaces planes, qui non-seulement présentent pour la plupart dans leurs ondulations défectueusés et leurs globules de telles irrégularités d'épaisseur, mais qui doivent encore disperser sur leur étamage, comme tous les corps généralement, quelque bien polis qu'ils puissent être, et à l'égal du miroir concave de Newton, les rayons de la lumière qu'elles reçoivent et réfléchissent vers nos yeux? On peut concevoir, il est vrai, que dans l'air libre la quantité des rayons de toutes les teintes, répercutés des divers points de la glace, qui, par des réflexions intérieures entre les deux surfaces du crystal, se croisent et se confondent dans tous les sens, nuisent et s'opposent effectivement à la perception trop faible de ces débiles apparences : mais dans l'obscurité d'un cabinet ténébreux, où l'opposition de ces mêmes obstacles n'existe plus, ne sembleraient-elles point se devoir du moins manifester, et paraître alors avec autant de force et une facilité bien égale sur la surface unie de toutes les glaces? Si ces couleurs cependant ne se manifestent jamais que par la réfraction de la lumière dans un miroir courbe et sphérique, ce n'est pas seulement que la sphéricité de ce miroir, en

rapprochant par sa réfraction et resserrant dans un espace plus petit que les surfaces planes ne le peuvent faire les divers rayons colorés qui sont réfléchis du crystal, en doit rendre distincte de la sorte, bien plutôt que les autres glaces ne le pourraient, la faible et nébuleuse apparence : mais la raison principale et l'essentielle cause en est surtout que la manifestation des couleurs, par l'inégalité des accès dans les sept rayons homogènes, ne se peut jamais effectuer, selon le principe du *quatre-vingt-quatrième* article de l'Analyse, à moins d'une inflexion très réelle dans les transmissions de la lumière où ce phénomène se doit peindre, c'est-à-dire d'une véritable réfraction (art. 21) par l'inégalité d'une transmission oblique dans le milieu (art. 3), laquelle agit sur les rayons et dispose les angles de leurs répercussions intérieures d'une telle sorte, qu'ils doivent inévitablement présenter dans une succession régulière le phénomène constant de ces couleurs.

En effet, si la transmission lumineuse dans le milieu s'accomplit, par exemple, perpendiculairement, le rayon, d'après la règle invariable de la proposition première de cette Analyse, n'étant pas sollicité en une différente sorte de chacun des côtés de l'ouverture réfringente où il pénètre, il n'y a certainement aucune raison probable pour que l'angle RT_1 (fig. 12) de son inflexion primitive

se doit faire plutôt en particulier de l'un de ces côtés que du côté au contraire qui lui est inverse; et ce rayon se devant ainsi infléchir également bien de l'un et de l'autre côté de cette ouverture du milieu, il existera donc après une transmission perpendiculaire comme deux ordres ou deux successions différentes des alternatives motrices de la lumière; lesquelles seront opposées directement par leur nature; et leurs effets étant par conséquent opposés, ils se détruiront l'un l'autre réciproquement, et nul des deux ne pourra en définitif devenir sensible. Ainsi il ne suffit pas assurément que les rayons incidens de la lumière tombent obliquement sur la seconde surface du milieu, pour que le phénomène des couleurs doive aussitôt s'ensuivre par leur seule réflexion sur cette surface (art. 50), mais il est encore nécessaire avant tout qu'ils aient subi, en pénétrant dans ce milieu, une véritable réfraction sur sa première surface extérieure. Telle est donc la naturelle et évidente cause de cette loi du *quatre-vingt-quatrième* article, qui nous enseigne que ce phénomène des alternatives lumineuses ne se peut manifester jamais que par une transmission oblique de la lumière, ou dans une séparation véritable des rayons simples.

98. Voici du reste quelles furent dans cette expérience les observations de Newton, qu'il répéta également, mais avec des phénomènes très divers,

sur d'autres cristaux convexes à chacune de leurs faces, ou convexes d'un côté et plats de l'autre, et sur des miroirs dont la convexité était plus grande ou moins grande au contraire que leur concavité, ou qui étaient plus épais dans l'une des parties de leur sphère que dans les autres endroits : mais de semblables observations ne se firent point sur les miroirs dont la surface était plane (art. 97), et qui présentaient une égalité bien parfaite dans toute leur épaisseur.

1. *Phénomènes généraux à incidence perpendiculaire sur le miroir.* — *Obs.* 1. Cet observateur infatigable ayant disposé au centre de la sphère d'un miroir concave d'un quart de pouce d'épaisseur, et dont la sphéricité mesurait douze pieds environ de diamètre, une feuille blanche opaque ou un carton percé d'un trou étroit, par lequel un rayon de lumière introduit dans un cabinet très obscur tombait perpendiculairement dans le miroir, il remarqua que la lumière, en se réfléchissant sur l'étamage, dépeignait sur le revers de la feuille blanche quatre ou cinq cercles irisés concentriques, assez semblables à des arcs-en-ciel, d'une lueur très faible et incertaine, qui environnaient l'ouverture, et devenaient de plus en plus pâles et languissans à mesure que leur circonférence augmentait, c'est-à-dire qu'ils s'éloignaient davantage du rayon direct de la lumière : soit que

la clarté débile détournée de la commune masse de ce rayon, et dont nous venons de voir (art. 96) que semblaient être formés ces iris, fût graduellement plus faible dans cette même proportion; soit aussi que ceux des rayons des premiers cercles qui arrivant, d'après cette même théorie, à la superficie du miroir dans leur alternative de la réflexion abondante, en étaient renvoyés de nouveau vers l'étamage, se confondant avec les rayons des derniers autres cercles colorés, en rendaient moins nettes et moins distinctes par leur mélange les couleurs faibles et confuses. Quelquefois cependant, lorsque la clarté du soleil était très vive, on pouvait encore apercevoir, selon Newton, quelque pâle indice d'un sixième et même d'un septième anneau. Mais si le carton était trop loin ou trop rapproché du miroir, les apparences de ces anneaux s'effaçaient alors insensiblement, jusqu'à ce qu'elles vinssent tout-à-fait à s'évanouir; car leur faible lumière, par l'écartement des rayons, était trop dispersée au premier cas; peut-être même confondue par le croisement des rayons de toutes les teintes diversement réfléchis du miroir et dans sa substance intérieure, et leurs couleurs dans le second cas, où la masse de la lumière non décomposée et proche du centre les absorbait, trop confuses encore et mélangées, pour que leur clarté languissante pût devenir sensible à la vue. — Art. 96.

Obs. 2 et 3. Les couleurs de ces anneaux étaient disposées dans le même ordre que celles qui se voyaient à la neuvième observation sur les verres objectifs par l'effet de la lumière transmise entre ces verres (art. 91, n. 3), et les proportions de leurs grandeurs et de leurs intervalles réciproques étaient les mêmes ; car les diamètres des quatre premiers iris, mesurés avec une exacte précision dans leur partie la plus brillante et au centre de la sphère du miroir, je veux dire à la distance de six pieds de sa surface, se sont trouvés comprendre précisément $1 \frac{1}{16}$, $2 \frac{3}{8}$, $2 \frac{1}{2}$ et $3 \frac{3}{8}$ pouces, dont les carrés suivent réciproquement la progression arithmétique des nombres simples 1, 2, 3, 4 : et cette proportion était la même à toutes les distances dont on plaçait la feuille de la superficie du miroir, quoique la grandeur des anneaux dans chaque iris variât selon ces diverses distances. Dans le centre commun de tous les cercles, et environnant l'ouverture, était d'abord une tache ronde et blanche, plus grande un peu que le rayon réfléchi, et que celui-ci laissait entièrement à découvert, si on inclinait légèrement le miroir. Une couleur blanchâtre plus obscure, comme le cercle noir dans la lumière transmise par les verres objectifs de télescope, ceignait cette première tache ; et elle était suivie immédiatement des rayons colorés du premier iris, violet et bleu dans sa partie intérieure, jaune à son milieu, et d'un

rouge qui se pourprait sur les bords à son extrémité extérieure. Le second iris environnait le premier de très près, et il faisait voir les couleurs du pourpre, du bleu, du vert, du jaune, du rouge clair et du rouge pourpré. Le troisième était intérieurement d'un vert qui tirait sur le pourpre, vert au milieu, et d'un rouge clair à l'extrémité. Enfin le quatrième et le cinquième, qui succédaient aussitôt à celui-ci, étaient intérieurement d'un vert bleuâtre, et à leur extérieur rouges; mais leurs couleurs étaient si débiles qu'on les pouvait à peine discerner. — Art. 91, n. 2 et 3.

Obs. 6. Si l'on portait la vue sur le miroir, l'œil étant placé en un lieu où les couleurs fussent bien distinctes, on y voyait de pareils anneaux se dépeindre sur sa surface, sous l'apparence de plusieurs arcs de cercle concentriques qui étaient nuancés des mêmes teintes; et de même que les diamètres des cercles sur les verres objectifs à la septième observation de Newton, ils se resserraient et se dilataient, suivant que l'œil se rapprochait davantage ou qu'il s'éloignait de l'axe perpendiculaire du miroir : non point sans doute que la grandeur des intervalles des accès dans les rayons changeât alors selon l'obliquité différente où ces rayons étaient réfléchis vers la vue, comme le pensait Newton (art. 96), mais à cause, plus probablement, que ces rayons diversement réfléchis étaient des rayons aussi qui avaient été

diversement réfractés à leur émission dans le miroir sphérique, la diversité de la réfraction déterminant toujours, par le *quarante-troisième* article de cette Analyse, la diversité des grandeurs des intervalles des accès. Car tous les rayons ne pouvant point tomber sur le miroir dans la direction même de son axe, il y en avait beaucoup nécessairement qui, y parvenant à de différens points, y devaient subir des réfractions très diverses, et par conséquent acquérir dans les divers intervalles de leurs pulsions des inégales grandeurs : or, suivant que les rayons qui parvenaient à l'œil en le plus grand nombre et plus directement avaient acquis dans leurs alternatives des intervalles plus grands et plus étendus, l'observateur devait alors voir naturellement, comme à l'expérience des deux verres objectifs de télescope, de plus grands anneaux colorés. De cette transmission différente des rayons, qui, pénétrant dans le crystal diversement, frappaient la vue par leur réflexion sur l'étamage aux positions diverses où se plaçait l'œil, il résultait encore que le centre des cercles, ou le point milieu de la réflexion des rayons d'où ces couleurs se formaient, variait constamment sur le miroir suivant ces positions différentes, ou suivant l'angle de la réflexion des rayons visuels sur le tain, à peu près comme varie avec la position de l'œil la situation de l'image réfléchie d'une ligne qu'on aurait tracée sur une glace. Et

l'image ronde que le rayon direct du soleil en pénétrant dans la substance du miroir formait sur sa surface était toujours de la couleur de l'anneau où cette image, par la variation des cercles que causait la diversité des angles de la réflexion, était portée. Cette même couleur se réfléchissait sur l'œil de l'observateur, et s'y faisait voir semblablement aux personnes qui étaient proches de lui, parce qu'elle dominait à l'endroit d'où étaient émis les rayons qui lui parvenaient alors. Toutes ces circonstances particulières de ce phénomène, comparées entre elles, durent convaincre Newton que les anneaux colorés qui se dépeignaient par réverbération sur le revers de la feuille étaient l'effet des réflexions différentes des rayons de la lumière, et qu'ils ne dépendaient en aucune sorte de la terminaison des ombres, et du jour. — Art. 91, n. 2.

2. *Mesures géométriques des cercles.* — Obs. 4. Ces anneaux étaient plus nombreux de beaucoup lorsqu'on les regardait par le prisme, qui en séparait et développait les divers rayons colorés trop confondus; car on en comptait alors facilement jusqu'à douze ou treize; et Newton ne douta pas que, si la lumière n'était si débile, on en discernerait bien plus — Obs. 5. Et si on faisait tomber isolément sur le miroir chacun des rayons simples du prisme, les anneaux, qui ne se montraient plus dès lors sur la feuille que de la seule et unique couleur,

uniformément que projetait ce verre sur le miroir, étaient généralement plus nombreux et aussi plus nets et plus distincts, les rayons de la lumière jaune homogène, que leur vivacité plus grande rendait clairs et visibles par-dessus tous, en pouvant alors faire paraître jusqu'à huit ou neuf, et même, suivant Newton, le faible indice d'un dixième; car leurs couleurs, déjà pâles et débiles, n'étaient plus alors effacées et comme confondues, après un petit nombre de séries, dans une uniforme blancheur par le mélange des rayons de toutes les autres teintes. Les diamètres de ces mêmes anneaux, lesquels observaient dans chaque couleur prise isolément la même proportion des nombres 1, 2, 3, 4, que suivaient les retours de la clarté et des ombres dans les séries générales de toutes les couleurs réunies, étaient d'ailleurs plus grands dans la lumière rouge, et plus resserrés dans la bleue, selon un rapport que Newton estima très approchant de celui qu'il avait observé entre les intervalles des accès des sept lumières, à l'expérience des verres objectifs de télescope. Il fixe en effet la proportion qu'observaient dans les réflexions du miroir les carrés des diamètres des deux lumières extrêmes rouge et bleue comme 3 à 2 approximativement, tandis qu'elle était à son calcul dans les verres objectifs (art. 91, n. 4) comme 14 ou $14\frac{3}{4}$ à 9. Il vérifia de même, en concordance à cette théorie des accès, « que les cercles que faisaient paraître

» dans la même série ou le même ordre des anneaux les trois couleurs du rouge, du jaune et du vert différaient plus entre eux de grandeur que ceux que le vert, le bleu et l'indigo dépeignaient dans cette même série ; » ce qui aurait dû plutôt être le contraire, si ces couleurs eussent effectivement suivi l'ordre unique de leurs réfrangibilités différentes. Cette observation cependant, si elle n'était encore appuyée de quelques circonstances plus décisives, ne paraîtrait pas, dans le système de la génération de ces anneaux par un simple effet de réfraction, s'écarter beaucoup de la proportion connue de ces diverses réfrangibilités des lumières, lorsqu'on fait surtout attention que les extrêmes rayons de la couleur indigo, comme cet auteur le remarque des pâles séries de la couleur violette, qu'on ne pouvait clairement discerner à cause de sa lumière trop obscure, ont pu être dans cette expérience trop faibles et trop ténébreux de beaucoup, pour qu'il lui fût possible d'en bien saisir vraiment les exactes limites ; et cette remarque peut répandre également de l'incertitude sur toutes ses autres mesures. — Art. 91, n. 4.

Obs. 7. L'observation septième, où il démontre que ce singulier phénomène, qui se manifeste de la même sorte, quoique seulement avec des couleurs plus pâles et moins marquées, lorsqu'on retire du miroir son étamage, et qui cesse au contraire entiè-

rement de se reproduire lorsqu'au lieu d'un miroir sphérique de crystal, on fait usage, pour l'expérience, d'un miroir d'une substance polie métallique, doit dépendre incontestablement, comme les couleurs entre les deux verres objectifs, des deux surfaces opposées du milieu d'où la lumière est émise (art. 86), ne me semble pas encore au réel plus concluante que les précédents calculs de Newton pour sa théorie, puisqu'en effet elle pourrait convenir également, et avec une propriété toute semblable, à tout système d'une décomposition de la lumière par la réfraction du miroir. — *Obs. 8.* Et nous avons déjà fait sentir, dans un précédent article (art. 95), toute l'incertitude et le vague de l'observation qu'il fait succéder à celle-ci, et dont il a voulu l'étayer. La seule règle bien précise qu'il me semble qu'il se puisse déduire en général de ses supputations trop subtiles, si l'on en retrancher d'abord tout l'hypothétique et l'incertain, est que les mêmes couleurs sont réfléchies toujours hors du miroir aux mêmes obliquités proportionnelles, et que la mesure des intervalles des cercles sur la feuille, déterminée par les angles divers de leur réfraction, est toujours dans une proportion constante avec la réfraction connue du crystal.

Obs. 9. Ces mêmes remarques se peuvent encore appliquer en une certaine mesure aux calculs de sa neuvième observation, qui paraît ne présenter

autre chose en dernier résultat qu'une propriété générale de ces sortes de miroirs, laquelle ajouterait seulement une nouvelle preuve au principe, déjà suffisamment démontré par la septième, que le phénomène des couleurs que la réflexion de leur crystal fait paraître procède indubitablement de ses deux surfaces et de leurs distances réciproques : cette propriété naturelle que nous entendons, est que la grandeur respective des anneaux que ces miroirs produisent, par la réflexion sur leur tain d'un rayon qui les traverse obliquement, est toujours généralement en raison inverse de la racine carrée de leurs épaisseurs ; c'est-à-dire qu'un rayon BC (fig. 14 et 15), réfracté à la surface MN d'un miroir sphérique, comme il se prolongera davantage dans un crystal plus épais, se rapprochant ainsi en même mesure, respectivement à la grandeur de la sphère qui toujours croît, de l'axe perpendiculaire du miroir, représenté par AX, se devra réfléchir sur la dernière surface du crystal par un plus petit angle, et qu'il dépeindra par conséquent, à des intervalles égaux, de plus petits cercles à proportion sur la feuille blanche où il est renvoyé. Et l'on démontrerait semblablement, et par le principe des réflexions multiples des miroirs (art. 6), que si un rayon ainsi réfracté et successivement réfléchi, tel que la figure quinziesme en donne l'exemple, venait dépeindre sur la feuille blanche opposée, par sa première réflexion

sur la surface RS de l'étamage, une empreinte dont la distance à l'axe fût représentée par A_1 , à sa seconde réflexion sur cette même surface, il devrait reproduire sur la feuille une semblable empreinte dont la distance plus grande serait figurée par A_2 , et dans une troisième réflexion une troisième empreinte dont la distance à l'axe serait A_3 , à l'inverse précisément de ce qu'il devrait arriver si ce même rayon était successivement réfléchi sur des miroirs dont les épaisseurs s'accrussent respectivement dans la progression des nombres simples 1, 2 et 3; et que les carrés de ces trois longueurs indiquées, A_1 , A_2 et A_3 , observeraient entre eux l'exacte proportion de ces mêmes nombres, qui est celle que Newton détermine dans les iris des couleurs à ses troisième et cinquième observations.

Mais ce rapport, à bien examiner, n'est pas rigoureusement égal ni bien d'accord avec les faits que l'expérience nous constate; et l'on voit même que si le rayon était réfracté très oblique dans la substance du crystal, il devrait arriver nécessairement qu'après sa réflexion il irait croiser l'axe en quelque point, au lieu de s'en écarter toujours de plus en plus, comme Newton l'observa dans l'expérience, et le rapport que cet auteur détermine ne se retrouverait plus dans les distances réciproques de tous les cercles. Car cet ingénieux géomètre, ayant substitué à son premier verre sphérique, que nous

avons dit d'un quart de pouce d'épaisseur, un second miroir d'une sphéricité semblable et d'une épaisseur un peu moindre qu'un douzième de pouce, ou plus exactement de cinq soixante-deuxièmes de ses parties, éprouva que les diamètres attentivement mesurés des trois premiers anneaux les plus brillans que ce second miroir produisait, se trouvaient, au même intervalle de six pieds où il les avait mesurés dans le premier verre, de 3 pouces, $4\frac{1}{6}$ et $5\frac{1}{8}$ pouces, mesures qui sont à celles observées dans les plus clairs anneaux du premier miroir, comme la racine carrée de son épaisseur est à celle de l'épaisseur du second. Je donnerai dans la théorie des accès la raison précise de cet effet d'optique remarquable, dont Newton, dans son vague système de la réflexion des couleurs, ne pouvait aisément définir la vraie cause. Soit donc la petite distance dont le rayon réfléchi xh (fig. 14) surpasse dans l'intérieur du crystal le rayon direct ex de la lumière, ou la distance comprise dans ce rayon réfléchi entre l'arc de cercle décrit du centre x avec un demi-diamètre xe et la surface MN du miroir, la distance la plus grande dans l'étendue de laquelle, par le *quatre-vingt-troisième* article, se doivent manifester les couleurs dans les alternatives lumineuses : il est clair, d'après l'origine indiquée des apparences de ces iris par la réflexion des miroirs (art. 96), que les rayons qui, pénétrant dans le crystal de ces

verres par une longueur de chemin telle que ex , en sortiraient par une plus considérable épaisseur, moindre cependant que xh , devraient manifester distinctement à leur émergence du miroir, selon la diversité de leurs alternatives motrices, des couleurs diverses, lorsque tous les autres, au contraire, qui traverseraient l'épaisseur diaphane du crystal, après leur réflexion sur le tain, au-delà de cette même ligne xh prélimitée, et par une plus longue étendue, n'en devraient faire paraître dans ce miroir, suivant le même article qu'on vient de citer (83°), aucune trace qui puisse être sensible à la vue. Cela posé, pour définir maintenant jusqu'à quel intervalle un second miroir MNTG, d'une épaisseur que je suppose quadruple exactement de celle du précédent miroir, devra manifester par ses réflexions différentes le même phénomène des couleurs, que l'on détermine dans ce nouveau crystal un rayon Xd , qui soit plus grand que Xe de la même étendue précisément dont xh surpassait ex en longueur dans le premier verre : ce rayon démarquera dans le second miroir la même limite ou la même alternative des couleurs que définissait xh dans le premier; et si l'on fait réfracter l'un et l'autre hors de la substance du crystal, on vérifiera qu'ils devront dépeindre sur la feuille blanche, à des intervalles égaux du miroir, des traces colorées d'une inégale largeur, selon la proportion inverse de la racine carrée des épaisseurs

différentes des cristaux qui ont réfléchi chacun d'eux, c'est-à-dire selon l'inverse de la racine carrée des deux nombres 4 et 1, ou dans la proportion de 1 et 2 : et l'on aura HA double de AD *. Mais comment expliquer aisément dans le système de Newton, qui ne reconnaissait en ces phénomènes aucun terme ni limite, *sine fine aut limite* (art. 50), pourquoi les rayons xh et Xd , en lesquels les dernières apparences des couleurs se manifestent, devraient être réfléchis constamment, comme l'expérience le prouve et cette même figure le dépeint, à des inclinaisons différentes en de différens miroirs, et pourquoi enfin la quantité de ces divers anneaux irisés serait aussi constante et aussi uniforme dans les différentes épaisseurs de ces miroirs ?

3. *Phénomènes à incidence oblique du rayon.* —

Obs. 10. Si le rayon de lumière qui pénètre à travers l'ouverture de la feuille blanche sur le miroir

* S'il faut, pour que cette proportion du carré se trouve comprise exactement dans les diamètres des cercles, que le petit rayon Xd ne surpasse pas moins en longueur le rayon direct Xe que xh ne surpasse ex , il sera bien certain que la grandeur réelle des accès existe la même, malgré la diversité très sensible de leur réflexion, dans ces deux rayons de lumière xh et dX . Car si les intervalles de ces accès, comme l'estimait Newton (art. 96), devaient être plus grands nécessairement dans les rayons le plus obliquement réfléchis, la petite étendue $xh-ex$, laquelle contient dans notre hypothèse neuf séries entières successives de ces intervalles dans le rayon réfléchi le plus oblique, devrait être plus grande certainement que l'étendue $Xd-ex$, qui comprend, dans le rayon dX moins oblique, neuf de ces mêmes séries successives.

ardent n'est pas réfléchi par le miroir directement vers l'ouverture d'où il est émis, mais à quelque point qui en soit distant quelque peu, non pas cependant d'un trop grand espace, le centre des anneaux colorés se trouvera marqué sur la feuille dans le milieu de cet étroit intervalle dont le rayon incident et le rayon direct réfléchi seront distans l'un de l'autre réciproquement, et la tache ronde, qui présente comme le noyau de tous les cercles, remplira de sa blancheur uniforme ce même intervalle entier; et lorsque l'inclinaison plus grande du miroir, par rapport au rayon incident, aura étendu cette même tache, et fait développer à son centre d'autres anneaux également colorés qui lui soient inscrits, elle formera comme un cercle blanchâtre d'un diamètre OP (fig. 15 bis), dans la circonférence duquel devront tomber toujours les deux rayons de la lumière incidente et de la lumière réfléchie, l'un à l'autre diamétralement opposés, et ils montreront par leur clarté dominante (aux deux points O et P) comme l'apparence de deux parhélies, telles qu'il s'en remarque quelquefois dans la couronne dont le soleil paraît ceint.

Obs. 11. Les couleurs des nouveaux anneaux qui se dépeignaient dans l'intérieur du cercle blanc lorsqu'on inclinait le miroir de plus en plus, étaient disposées naturellement dans un ordre inverse à celui des premiers iris qui environnaient extérieu-

rement le même cercle; car tandis que les rayons dont les premiers iris se formaient étaient réfléchis dans le miroir, comme on l'a vu (*obs. 9^e*), par une épaisseur plus forte du crystal que le rayon direct incident, les nouvelles séries intérieures émanaient de ceux des rayons qui, moins obliques à l'axe perpendiculaire du miroir, étaient au contraire réfléchis par une épaisseur moindre. De là vient qu'après une apparence d'une couleur sombre, qui suivit immédiatement la tache blanche, le violet et le bleu, comme dans les anneaux extérieurs à l'observation seconde, furent les premières traces des iris qui se firent d'abord remarquer dans le milieu de cette tache, lorsque s'obscurcissant dans son centre par la sombre teinte mentionnée, elle s'ouvrit et se dilata progressivement sous la figure d'un anneau; la couleur verte ensuite, et peu après le jaune et le rouge clair, sortirent successivement de l'intérieur du cercle bleu, et se répandant de plus en plus, comme il s'était lui-même répandu, et s'accroissant pour se former en cercles, ils laissèrent se développer au milieu d'eux dans un ordre successif une nouvelle série, plus débile, composée du pourpre, du bleu, du vert, du jaune et du rouge pourpré, à la suite duquel il parut sortir une tache noire, et du sein de celle-ci une tache plus claire. Les couleurs commencèrent alors à devenir très pâles dans le milieu, et l'inclinaison du miroir

croissant toujours, lorsque le diamètre du cercle blanc se fut environ étendu à trois pouces et demi ou quatre pouces, elles s'évanouirent tout-à-fait jusqu'à ce cercle lui-même, et un ou deux des anneaux qui lui étaient le plus proches de l'un et de l'autre côté, intérieurement et extérieurement, lesquels disparurent les derniers de tous, la grande inégalité des réfractions qui croissait toujours par l'obliquité du rayon, d'où sa largeur sur le miroir nécessairement augmentait, amenant enfin cette confusion totale des couleurs. Car si l'on interceptait (au point *a*) la partie du rayon la plus voisine de l'axe et la plus oblique au miroir, les anneaux aussitôt se contractaient; et ils se dilataient au contraire si l'on en interceptait (au point *b*) la partie la plus écartée et la moins oblique, dont la réfraction par conséquent était moindre, comme le représente la figure. La proportion d'ailleurs qu'observaient entre eux ces divers anneaux dans leur production successive, et à chaque série nouvelle des couleurs, était constamment celle que l'observation troisième a fait connaître dans la position droite du miroir.

Obs. 12. Si l'on renvoyait alors sur le crystal chacune des lumières simples du prisme successivement, l'espace que le cercle blanchâtre occupait, étant formé de la réflexion régulière des rayons avec un angle égal à celui de leur incidence sur le tain, con-

servait constamment sa même grandeur dans toutes les lumières émises du prisme : mais les anneaux extérieurs qui l'environnaient étaient plus grands dans la lumière rouge que dans la jaune, et dans celle-ci que dans la bleue, suivant un ordre constant et uniforme, tandis que ceux, au contraire, qui lui étaient inscrits ou intérieurs, par une disposition inverse, étaient plus petits dans la couleur jaune que dans la bleue, et plus petits encore dans la rouge ; dont la raison naturelle me paraît être que l'inégalité des réfractions, comme l'observation précédente l'a fait voir, étant très considérable dans les rayons à cette incidence oblique sur le miroir, ceux de ces rayons qui, réfléchis avec le plus de force dans les espaces intérieurs au cercle blanc, y faisaient dominer par-dessus toutes, à cause de cette clarté plus abondante qu'ils y répandaient, les nuances variées de leurs couleurs, et des séries diverses de leur réflexion y composaient les iris, avaient supporté respectivement dans la substance du crystal une réfraction plus faible, d'où ils avaient dû aussi acquérir dans leurs pulsions, par le *quarante-troisième* article de cette Analyse, des intervalles plus petits réciproquement, que les différens rayons colorés dont se composaient les iris des autres anneaux extérieurs, lesquels avaient subi au contraire dans le crystal une réfraction sensiblement plus forte, qui avait dû accroître à proportion les inter-

valles isochrones de leurs accès. La preuve visible de cette explication naturelle est dans l'observation même qu'on vient de lire : car, puisqu'en faisant disparaître sur le miroir les plus obliques rayons de la lumière, on diminuait ainsi à proportion la grandeur respective des iris, il est bien évident par-là que ces plus obliques rayons, dont la réfraction était plus forte, étaient ceux aussi dont se devaient former les iris que l'on voyait de tous les plus dilatés et les plus larges. Tel parut être également le sentiment de Newton dans son Optique, quoique, par une application mal fondée de la loi de sa proposition quinzisième sur les accès (art. 96), il attribuât plutôt cette contraction et cette dilatation des anneaux aux obliquités différentes où chacun des rayons de la lumière était réfléchi dans le crystal, qu'à une diversité effective de leur réfraction. « Il » est certain, dit-il, que les anneaux des moins ré- » frangibles rayons, dont les intervalles des accès » sont les plus grands, se doivent accroître de la » sorte et diminuer par de plus grands intervalles, » dans leur progression de l'un et de l'autre côté du » cercle blanc, soit vers les parties de l'intérieur, » soit vers les extérieures de ce cercle, et qu'ils doi- » vent être plus grands en conséquence extérieure- » ment, et intérieurement plus petits. » C'est exactement le principe que cette Analyse a fait connaître dans les grandeurs respectives des pulsions, aux

cinquante-unième et cinquante-deuxième articles de la section seconde, non pas, il est vrai, dans la lumière réfléchie, mais dans la lumière seulement qui a été soumise à des réfractions inverses dans les milieux. « Et c'est la raison pourquoi, ajoute Newton, » lorsque le miroir est illuminé de la lumière blanche hétérogène, les anneaux extérieurs au cercle » blanc sont bleus en dedans et rouges en dehors, » et les intérieurs, au contraire, bleus en dehors et » rouges en dedans. »

La réfraction que les rayons divers ont subie à leur émergence du crystal dans l'atmosphère de l'air, a dû contribuer d'ailleurs évidemment à cette proportion mutuelle des anneaux qu'ils ont dépeints ensuite sur la feuille blanche. Car, dans les iris intérieurs, par exemple, les rayons rouges étant plus rapprochés respectivement de l'axe direct du miroir, suivant lequel la réfraction s'effectue, que ne le sont les rayons violets et les bleus, qui s'y développent toujours, comme nous l'avons dit, les premiers de tous, avaient ainsi à la surface supérieure de ce crystal une incidence moins oblique; et comme ils sont d'ailleurs moins réfrangibles par leur nature même que ces derniers rayons, ils auront dû, par suite, s'écarter moins du plan direct de cet axe, et se trouvant de la sorte moins dilatés à leur transmission vers la feuille, y dépeindre, relativement à ces rayons violets, des anneaux plus petits et plus res-

serrés qu'ils n'eussent dû être, si leur réfraction, au réel, eût été la même que celle de ces rayons plus réfrangibles à leur émergence hors du crystal.

99. Or, si la puissance effective de la réfraction est aussi forte et aussi remarquable dans ce miroir que nous le venons de montrer, et qu'elle y soit même si nécessaire et si indispensable, par le *nonante-septième* article, que, sans l'action intérieure dont elle détourne et infléchit la lumière, ces apparentes des couleurs ne pourraient nullement exister, comme en effet elles n'existent point sur les miroirs dont la surface est toute plane et bien unie, ne serait-on pas, ce semble, avec grande apparence de raison, très porté à croire que la véritable cause de ce phénomène réside entièrement dans la réfraction du crystal, qui, séparant de la lumière du jour les rayons simples, a décomposé cette lumière? Qu'il y ait réellement dans cet effet une réfraction bien distincte de la lumière, est incontestable; puisqu'il ne saurait jamais exister dans tout le faisceau lumineux qu'un seul rayon, qui, passant directement au centre même de la sphère concave du miroir, tombe perpendiculairement sur sa surface, et que tous les autres qui, dans la largeur du faisceau, passent quelque peu auprès de ce centre, devront supporter dans le miroir une inévitable réfraction. Que cette réfraction d'ailleurs soit capable d'opérer la décomposition parfaite de la lumière, n'est pas

une vérité moins certaine ; puisque , recevant à leur émission dans le verre , par un effet de leur réfrangibilité inégale , des obliquités différentes , les sept rayons simples du jour se devront réfléchir sur la surface inférieure du miroir avec des angles inégaux , et que , retournant ainsi à la surface première à de différens points , et à cause de la sphéricité de cette surface , avec de différentes incidences respectivement , ils y devront éprouver sans contredit des réfractions très inégales , qui empêcheront qu'ils ne se puissent ensuite remêler et recomposer de nouveau , comme il arrive sur les miroirs ordinaires dont la surface est plane et unie.

Mais de cette action très réelle et certainement inévitable de la puissance réfractive , peut-il bien résulter dans ces corps un phénomène semblable à celui des apparences si régulières de ces iris ? C'est là proprement la question. De la réflexion première des rayons ainsi réfractés sans aucun ordre , il est sûr qu'il ne résulterait jamais sur la feuille blanche qu'une confusion blanchâtre des lumières diversément colorées , qui se croiseraient les unes les autres dans tous les sens , ou au plus que quelques faibles traces très imparfaites et irrégulières de couleurs , qui n'observeraient point dans leurs apparences les mesures et les distances réciproques qu'on a reconnues dans l'expérience citée de Newton : et quand on concevrait que ces divers rayons réfractés

dussent ensuite, par des réflexions intérieures et successives, semblables à celles d'où provient, par le *sixième* article de l'Analyse, le phénomène remarquable de la réfraction double des cristaux, se dégageant de plus en plus, se répéter par des séries régulières et uniformes, quoiqu'il semble pour lors, par la propriété générale de ces miroirs que l'observation neuvième a expliquée (art. 98, n. 2), que les retours de ces images colorées se dussent faire véritablement selon les proportions exactes qu'on a observées dans l'expérience de Newton; cependant, à moins toutefois que ces mêmes rayons décomposés d'où seraient émises les couleurs ne fussent supposés croiser l'axe en se dirigeant au miroir, tels que la figure quinzième nous les dépeint, ces rayons ainsi réfractés et successivement réfléchis ne pourraient être encore la vraie cause du phénomène si égal de ces iris, puisque les couleurs, dans ce système, comme des épreuves nombreuses nous en ont pleinement convaincu, se développant toujours inversement, au lieu de s'effacer par degrés en s'éloignant de l'axe, se rapprocheraient, au contraire, à chaque réflexion de la surface inférieure du miroir, vers le centre ou le foyer de sa sphère.

La considération que les miroirs plans, malgré des inégalités d'épaisseur presque inévitables, n'offrent néanmoins aucune trace de telles apparences colorées, nous avait fait croire un instant, avant

que la cause nous en ait été encore découverte (art. 97), que, par un effet général de l'inflexion que la lumière émise subirait sur les bords de l'ouverture étroite du carton (que je concevais en devoir détourner et faire croiser par l'impulsion directe de leurs chocs, comme la figure quinzisième le représente, les petits rayons les plus extrêmes, lesquels, entrant ainsi dans le miroir à une inclinaison assez oblique, s'y devraient nécessairement réfracter), cette rare lumière ainsi infléchie, et que la réfraction décomposait, irait dépeindre par sa réflexion primitive, sur la feuille blanche opaque qui la reçoit, une première couronne irisée, où les rayons des deux couleurs homogènes du bleu et du violet, comme les plus rapprochés de l'axe par la réfraction, qui s'accomplit toujours naturellement vers le plan direct de cet axe, se feraient distinguer d'abord à l'intérieur et les plus proches du point central de la sphère; et c'étaient, dans notre opinion, les parties détournées de ce premier iris, et renvoyées de la superficie du crystal vers son étamage par la résistance de l'air contigu, qui devaient produire de nouveau, par une seconde réflexion sur le mercure, une seconde image colorée, plus faible et plus effacée que la première, et cette seconde image une troisième, et ainsi des autres successivement, selon les notions générales que nous en avons données au sixième et au cinquante-neuvième article, et comme

le fait voir d'ailleurs la figure. Il eût suffi dans ce système, pour produire tout ce phénomène des couleurs, suivant le calcul que nous en avons alors entrepris, en appliquant à la figure citée les mesures qui nous étaient données par Newton, que l'inflexion de chacune des extrémités du rayon, telle que *ic* dans cette figure, fût seulement de la huit cent soixante-quatrième partie de la distance entière qui serait comprise entre le miroir et la feuille blanche, c'est-à-dire d'une ligne sur la longueur de six pieds. Et pour ce qui est des apparences intérieures de ces iris, qui se dépeignaient successivement sur le revers de la feuille, quand on inclinait le miroir quelque peu, elles me paraissaient procéder, comme nous l'avons fait dessiner à la figure *bis*, de ce que ces rayons intérieurs, se croisant vers leur axe, se développaient tour à tour dans un sens inverse et directement opposé à celui des premiers rayons décomposés; et qu'au lieu que ceux-ci, à chaque fois qu'ils se réfléchissaient de nouveau, s'éloignaient sans cesse davantage de l'axe AX du miroir, les rayons intérieurs, au contraire, s'avançaient toujours graduellement par de nouvelles réflexions vers ce même axe. Mais ce système enfin est de pure invention et entièrement hypothétique; et il n'est nullement démontré, comme avant tout il serait essentiel qu'il le fût, que les bords extrêmes du rayon se fussent croiser par l'inflexion de l'ouver-

ture où ce rayon se transmet ; ou plutôt il est bien constaté au contraire que cet étrange croisement n'existe pas : car il existerait aussi dans la transmission de la lumière par les ouvertures réfringentes (art. 21) ; et comment alors les images des divers objets éclairés nous parviendraient-elles aussi nettes et aussi distinctes à travers la diversité des milieux où leurs rayons se propagent ? Il serait donc superflu de nous étendre ici davantage sur ces théories hypothétiques, évidemment fausses ou insuffisantes, qui attribueraient à une décomposition simple de la lumière la vraie production de ces couleurs.

100. Enfin Newton, expliquant par ces mêmes phénomènes du miroir, à sa treizième observation, la théorie des halos, cercles ou couronnes de lumière qui se font remarquer quelquefois autour du soleil, des divers autres astres et plus communément de la lune, concevait que les rayons de ces astres, en pénétrant à travers les gouttes de la pluie suspendue dans les airs, ou les légers grêlons que recèlent les nuages, pouvaient engendrer, par l'effet des inégalités de leurs alternatives lumineuses, les mêmes apparences des couleurs. L'explication, trop brève, trop indéterminée, qu'il en donne, se ressent de l'incertitude et du vague de son système sur les alternatives des rayons. Cet effet, dans les transmissions de la lumière par les milieux diaphanes un peu épais,

ou dont l'épaisseur, pour en préciser les limites, serait plus forte, d'après les lois du *quatre-vingt-troisième* article, que sept ou au plus que neuf séries de la succession des couleurs, ne se pourrait jamais opérer autrement que par une double réflexion de la lumière dans l'intérieur de ces milieux, je veux dire que par ceux des rayons simples de cette lumière qui, n'étant point propagés après leur réflexion vers les iris de la feuille, retournaient en arrière au vif-argent du miroir (art. 95) : ce seraient seulement au réel, si l'opinion de Newton se devait admettre, de tels rayons, réfléchis doublement dans les légers nuages des vapeurs dont se voilent les astres, qui, propagés vers nos yeux, y pourraient seuls causer dans ce système le phénomène des halos. Mais la quantité abondante et bien supérieure des rayons qui traversent dans les airs ces gouttes de pluie ou ces flocons de glace en tous les sens, ne doit-elle pas absorber et faire disparaître aisément d'aussi faibles et débiles apparences, que seraient celles que cette double réflexion devrait produire ? Les couronnes irisées du miroir ne se manifestent pas au grand jour ; et il est d'ailleurs bien sensible qu'il n'y a pas dans la réalité la moindre apparence de rapport entre ce phénomène, qui est le résultat d'une seule incidence du rayon (tel que AX, fig. 14) en un seul milieu, et le phénomène des halos, qui est produit au contraire par la rupture de plusieurs rayons différens

émis d'un centre commun sur de petits milieux innombrables, telles que seraient les gouttes de la pluie ou les grêlons dont l'amas des nues se compose : ce n'est donc point assurément user d'une bonne logique, que de rapprocher entre eux et de confondre deux phénomènes naturels dont la diversité est si palpable.

Il est sans doute bien plus exact d'attribuer tout le phénomène des halos, avec Descartes, Huygens et Newton lui-même, à sa neuvième proposition, seconde partie, uniquement, comme le phénomène de l'arc-en-ciel, aux réfractions naturelles de la lumière. La différence essentielle entre ces deux effets me paraît être dans la disposition particulière où chacun d'eux se manifeste, l'un par la simple réflexion des rayons du jour décomposés, et l'autre par la transmission de ces rayons ; car il est nécessaire que les vapeurs où les couronnes se produisent soient assez régulières et assez distantes, et l'astre d'où la lumière est émise assez élevé sur l'horizon, pour que les rayons envoyés de cet astre, divergeant en cercles de tous les côtés, soient réfractés, par les vapeurs légères où ils se rompent, sous cette apparence uniforme et circulaire qu'ils dépeignent aux regards. De là vient, ce me semble, que toutes les nappes limpides et les jets d'eau, qui nous présentent par leur réflexion les reflets variés de l'arc-en-ciel, n'offrent point de même, dans

les rayons qu'ils transmettent, les couleurs irisées (les halos : ce phénomène, dans tous ces corps, doit être très certainement dérangé par la multitude des réfractions en tous les sens et irrégulières, que les rayons transmis doivent subir dans les globules successifs de cette eau ; car nous disons qu'il exige indispensablement, dans les vapeurs où la lumière se réfracte, une certaine uniformité régulière de leur disposition intérieure. Telle me paraît être l'origine de l'apparence très distincte d'une portion de semblables arcs, que le hasard me fit un soir découvrir, au printemps de l'année écoulée (1823), dans les nuages dont s'enveloppait le soleil à son déclin. C'était deux heures environ avant le coucher de cet astre ; un voile épais de nuages assez obscurs couvrait l'occident ; et l'apparence irisée dont je parle, qui me parut être la faible portion d'un arc de la même grandeur précisément qu'eût été celui que le soleil, par la réflexion ordinaire de ses rayons, aurait dépeint dans la partie du ciel tout opposée, se montrait distinctement dans un endroit où ces nuages obscurs en s'écartant laissaient voir derrière eux une nuée plus claire, transparente, et d'une nature non dissemblable à celle de ces vapeurs diaphanes où les halos le plus communément font briller la nuit leurs couleurs. J'imaginai d'abord que cette apparence pouvait bien n'être produite sur la vue que par une espèce de réflexion de l'arc-

en-ciel ordinaire; mais en examinant mieux la théorie, il est bien manifeste que ce ne devait être autre chose réellement qu'un arc-en-ciel par transmission, et le même phénomène en effet que, sous une autre forme, on a nommé *halos*.

Les diversités des grandeurs des légers globules de l'eau, ou, selon Descartes et Huygens, les différentes figures des particules de la neige et de la glace où les rayons lumineux sont réfractés, peuvent contribuer aussi en diverses manières à communiquer, à ces iris de couleurs, des apparences très variées. Leurs diamètres sont ordinairement de six, de huit, et même de douze degrés et au-delà; mais l'éloignement très divers où se peuvent trouver les vapeurs dont la réfraction les produit, joint à la variété de figure des particules mêmes dont ces vapeurs diaphanes se composent, doit occasioner naturellement dans les grandeurs apparentes de ces iris de considérables variations; et l'on en a vu quelques-uns dont les demi-diamètres semblaient avoir jusqu'à vingt-deux ou même vingt-six degrés d'étendue. Il paraît certain, en effet, par le *trente-cinquième* article et les phénomènes généraux de la réfraction, que plus les vapeurs où les couleurs de l'iris se manifesteront seront proches de nous, et plus l'étendue aussi que leur circonférence comprendra nous devra sembler vaste et spacieuse : ainsi la grandeur des objets que l'on considère à la loupe s'accroît ou

diminuë, selon qu'on écarte ou qu'on rapproche le verre davantage de ces objets. La figure elliptique de la singulière couronne que Newton cite à sa treizième observation sur le miroir, et dont le contour irisé s'éloignait davantage de la sphère centrale de la lune dans sa partie inférieure que dans la supérieure, me paraît avoir son unique cause, comme tel semble aussi avoir été le sentiment de Newton, dans le simple effet d'une illusion d'optique très ordinaire, qui provenait de ce que les vapeurs où la réflexion de la lumière se faisait, se trouvaient alors sensiblement inclinées par rapport aux rayons visuels qui étaient émis du globe sphérique de la lune.

Les couleurs de ces iris célestes sont communément assez variées : dans les plus grands, les rayons rouges, qui sont les moins réfrangibles, occupent ordinairement, comme dans les plus grands arcs-en-ciel, la partie intérieure de l'iris ; dans les plus petits au contraire, comme dans les arcs-en-ciel intérieurs, qui sont les arcs les plus communs, tels que les halos que Newton observa et qu'il rapporte plus particulièrement à la théorie des accès, les rayons de cette même couleur bordaient toujours l'iris extérieurement. Ces couronnes sont aussi distinctes plus ou moins, et dans une quantité différente. Newton, au mois de juin de l'année 1692, en observa une dont la circonférence, de neuf à dix de-

grés de diamètre , semblait présenter distinctement trois séries entières de couleurs , assez ressemblantes dans leur succession à celles que les alternatives de la lumière font paraître sur les verres objectifs de télescope , et qui étaient disposées régulièrement autour du globe du soleil , suivant cet ordre : bleu , blanc , rouge ; pourpre , bleu , vert , jaune , rouge ; bleu pâle et rouge pâle. Une seconde couronne , du diamètre seulement de cinq degrés , fut observée par le même astronome , au mois brumeux de février 1664 , autour de la sphère de la lune , qu'elle environnait d'un double cercle , avec les couleurs du vert bleuâtre , du jaune et du rouge clair dans le premier , et du bleu , du vert et du rouge pâle dans le second ou le plus grand. Le principe des réflexions multipliées que notre *sixième* article a fait connaître dans les cristaux et les autres milieux réfringens , contribue peut-être , à notre avis , à ce redoublement des petits iris autour de l'astre qu'ils environnent ; c'est-à-dire que le second iris peut bien n'être , dans le phénomène des halos , qu'une faible répétition du premier , comme la seconde image dans les réflexions du miroir est une répétition de la première.

De semblables cercles se voient aussi quelquefois autour des flambeaux allumés : je les ai souvent observés dans les longues nuits d'hiver , lorsqu'après un travail prolongé ma vue affaiblie se couvrait

comme d'un nuage confus, où s'opérait sans doute quelque réfraction de la lumière. Descartes rapporte, au discours neuvième de ses *Météores*, qu'après avoir tenu durant quelque temps l'un de ses yeux fermé, il vit de ce même œil, lorsqu'il l'ouvrit, des couronnes irisées autour des flambeaux, sans que son autre œil, cependant, en aperçût aucune trace : preuve non équivoque, ajoute-t-il, que la vision de ces petits anneaux colorés ne procédait en effet que de quelque disposition particulière, que ce même œil avait acquise en demeurant fermé. Nous avons fait nous-mêmes des observations analogues sur ces accidentelles apparences des couleurs.

LIVRE SECOND.

PARTIE PHYSIQUE.

DE LA COMPOSITION DE LA LUMIÈRE.

QUE LA LUMIÈRE DU JOUR SE COMPOSE DE PLUSIEURS
RAYONS DE GRANDEURS OU DE PUISSANCES INÉGALES,
DONT LES PROPRIÉTÉS SONT DIFFÉRENTES.

DES LUMIÈRES SIMPLES.

101. De la décomposition lumineuse par le prisme. — 102. Cette décomposition expliquée par la résistance naturelle des corps. — 103. Réfutation de ce système. — 104. Réfutation de la théorie d'Euler sur les couleurs. — 105. Réfutation de la doctrine de Descartes sur les rayons colorés. — 106. Réfutation de la doctrine d'Euler sur la nature de ces mêmes rayons. — 107. Que ces rayons sont des parties distinctes de la lumière dont les grandeurs respectives sont différentes; quel en peut être le nombre fixe. — 108. Que la lumière jaune est la plus vive et la plus puissante des lumières simples. — 109. Que les plus petits ou les moins puissants des rayons sont ceux dont la couleur est la moins claire, ou qui répandent le moins de clarté. — 110. Que toute impulsion qui fait dévier la lumière de sa course directe et uniforme doit séparer les uns des autres les rayons simples. — 111. Que cette séparation distincte des rayons colorés ne peut devenir bien sensible que dans une lumière peu abondante. — 112. Qu'elle se peut manifester de deux sortes, et ce qu'il faut entendre proprement par décomposition de la lumière. — 113. *Expérience du prisme.* Que sa

réfraction sépare la lumière du jour en sept rayons colorés. — 114. Que cette distinction des couleurs n'est pas un effet des modifications accidentelles du prisme. — 115. Que les rayons simples du prisme ne sont pas susceptibles d'une décomposition ultérieure. — 116. Qu'ils diffèrent entre eux de réfrangibilité. — 117. Aussi bien que de réflexibilité. — 118. *Expérience du cheveu*. De la nature de la lumière dans laquelle se fait cette expérience. — 119. Pourquoi les couleurs s'y développent inversement et à l'endroit où l'inflexion totale est la moindre; preuve du mouvement double et alternatif de la lumière. — 120. Exposé succinct des phénomènes de cette expérience. — 121. *Expérience des lames de couteau*. Réfutation de l'objection d'Euler sur le croisement des rayons au dix-neuvième article de sa Théorie. — 122. Des couleurs accidentelles. Leur origine. — 123. En quelles circonstances on les observe. — 124. De la couleur des ombres.

PROPOSITION VII.

101. *Que la lumière blanche du jour se compose de sept rayons diversement colorés et de grandeurs inégales, lesquels sont simples et homogènes, ou ne sont plus susceptibles de décomposition ou de transmutation quelconque.* — Opt. lib. 1, pars 1, prop. 2.

Que l'on reçoive un rayon de lumière sur un prisme dans un endroit fort obscur, le faisceau lumineux s'écarte, et il va dépeindre sur la muraille une image oblongue, qu'on nomme le *spectre solaire*, où se déploient les plus brillantes couleurs de l'arc-en-ciel. Ce phénomène ne dérive pas, comme on le pourrait croire d'abord, des modifications variées de la lumière, suivant les variations du jour ou les terminaisons diverses des ombres; car Newton a prouvé, dans une suite d'expériences incontestables, qu'on

peut faire disparaître à volonté, soit en les interceptant sur le prisme, soit sur une lentille qui reçoit les rayons que le prisme décompose, une ou plusieurs des lumières colorées du spectre solaire, sans que pour cela il se manifeste dans quelqu'une des autres aucune altération qu'on puisse voir. Et ce n'est pas non plus l'accidentel effet des diverses manières d'être dont le prisme, en quelque manière que ce soit, pourrait être capable de modifier les faisceaux rompus de la lumière; car ces couleurs, s'il en était ainsi, ne seraient point aussi constantes et inaltérables que l'expérience prouve qu'elles le sont, et de nouveaux prismes leur feraient éprouver indubitablement des modifications nouvelles, ce qu'on n'observe point. Une courte discussion des principaux systèmes qu'on se peut former sur cette décomposition par le prisme, fera reconnaître aisément la vérité du principe que l'objet de ce livre est d'établir.

102. La simplicité apparente d'un système mécanique, entièrement dans le goût de la philosophie cartésienne, avait séduit notre esprit quelques instans par sa précieuse théorie. Les apparences variées des couleurs ne nous paraissaient alors que des modifications différentes du mouvement de l'élément lumineux, ou, comme l'exprime Descartes dans sa Dioptrique, les diverses façons dont cet élément très subtil venait frapper nos organes. Nous concevions,

que les rayons extrêmes de la lumière, ceux qui, par l'action du prisme, étaient les plus écartés de l'axe commun de leur faisceau, avaient dû perdre, dans les inévitables frottemens qu'ils avaient subis à leur passage par la substance du crystal, une portion plus sensible de leur mouvement impulsif que les divers autres rayons, qui, plus rapprochés de cet axe, agissaient par une action mutuelle l'un sur l'autre avec le plus de force, et devaient céder moins par conséquent à la résistance de la matière inerte et immobile de ce milieu, dont la réfraction les détournait ; et que ceux de ces rayons extrêmes qui, plus réfractés dans le prisme, s'écartaient le plus dans leurs mouvemens de leur primitive route, éprouvant par une action plus forte de ce verre une résistance plus grande, se devaient aussi affaiblir davantage par cette action du prisme, que ceux qui, entraînés à l'extrémité contraire du faisceau, s'écartaient le moins de cette direction première de leur course. C'est ainsi que nous expliquions spécieusement la disposition constante des sept lumières dans l'image de la décomposition du prisme, où nous observions qu'en effet les rayons obscurs de la couleur violette et de la bleue, comme les plus infléchis par l'action réfractive du crystal, avaient le moins de force et de clarté, ensuite ceux dont la réfraction est la plus faible, et qui font éprouver à la vue les deux couleurs de l'orangé et du rouge, et

que les plus forts et les plus brillans de tous étaient les rayons de la lumière jaune homogène, qui occupent entre ceux-ci le milieu de l'image. La recomposition des rayons blancs du jour par un second prisme ne nous semblait pas un plus difficile phénomène à expliquer; car ce n'était au vrai qu'une même action qui, dirigée inversement, balançait naturellement sa semblable, et toutes choses étant égales entre des rayons parallèles ou de direction égale, nous ne voyions point de raison pour qu'une lumière dont les rayons ne divergeraient point entre eux, ne dût point conserver partout également l'uniformité de sa couleur.

Mais ce qui, dans cette théorie supposée, nous paraissait surtout digne de remarque, c'était la manière simple et naturelle dont elle expliquait, par la résistance des parties solides des corps, la génération de leurs couleurs. Car, en partant de ce principe, l'un des axiomes de la mécanique universelle, que plus les corps sont subtils et faibles de leur nature, et plus ils doivent recevoir nécessairement avec facilité l'impulsion ou la communication du choc, il nous avait paru que les substances opaques, malgré la variété très grande de leurs couleurs, devaient réfléchir toutes, à très peu près, la même quantité absolue de la lumière, mais que cette lumière seulement se réfléchissait par chacune d'elles avec des forces motrices très inégales dans ses mo-

biles rayons. Ainsi, nous comprenions que tous les corps dont les parties composantes, trop massives, se laissent difficilement ébranler, comme elles ne faisaient perdre aux rayons qui se brisaient contre elles, qu'une portion très faible de leur mouvement, ne s'agitant et ne s'échauffant que fort peu par l'impulsion qu'elles recevaient de leur choc, renvoyaient vers nous la lumière sans nul affaiblissement de sa motion, et se devaient pour cette cause manifester à nos regards dans le vif éclat de la blancheur; tandis que les corps, au contraire, en lesquels ces parties sont plus mobiles, à proportion comme ils recevaient des subtils rayons qui les frappent une quantité plus grande d'impulsion, les renvoyant ainsi avec une force et une activité moindres, se manifestaient respectivement à notre vue sous des couleurs plus sombres et plus foncées, et ils devaient naturellement s'échauffer, par leur agitation interne, de toute la puissance même de ce mouvement dont la vélocité des rayons avait été privée dans le choc. L'observation générale que nous faisons, que les corps dont le volume est le plus petit sont ceux en lesquels on éprouve que la chaleur pénètre et se communique le plus vite, nous confirmait encore dans cette opinion, opposée à la théorie newtonienne, que les couleurs simples les plus sombres, ou celles qui se font distinguer, quand le jour baisse, le plus confusément, seraient constamment réflé-

chies par les plus petites des subtiles parties colorées, et les plus claires et les plus lucides des couleurs, par les plus grandes et les plus fortes de ces mêmes particules; puisque ce sont celles-ci en effet qui, comme les corps dont le volume est le plus gros, s'échauffent aux rayons lumineux avec le plus de lenteur, et que les corps sombres, comme on l'observe, précisément à proportion comme la couleur qu'ils affectent est moins lucide et plus terne, conçoivent à ces mêmes rayons une chaleur plus intense. Mais c'était rapprocher abusivement et comparer entre eux deux principes essentiellement différens dans leur nature, la lumière, qui agit dans ses différens phénomènes comme un corps d'une incomparable vélocité, et la chaleur, dont toute l'action est uniquement celle d'un fluide qui tend sans cesse et éminemment à l'équilibre de sa masse. Cette diversité des deux principes se montre bien dans toute son évidence dans l'expérience que Scheèle rapporte de deux thermomètres, l'un rempli d'un esprit-de-vin coloré de rouge, et le second d'une liqueur blanche et incolore, lesquels, plongés dans la chaleur d'une eau bouillie au feu, s'échauffaient en même temps et au même degré, lorsqu'exposés aux rayons ardents de la lumière, ils ne s'échauffaient que par des degrés très inégaux, et que la liqueur rouge s'élevait visiblement dans le tube plus promptement de beaucoup, que ne s'éle-

vait au contraire la liqueur blanche. — *Tr. chim. de l'air et du feu*, § LXVII.

403. Une attention plus suivie aux phénomènes de la lumière nous fit reconnaître bientôt le peu de fond et l'insolidité de cette doctrine. Car d'abord, sans recourir à quelque principe fictif d'attraction ou de force occulte, il n'était pas facile d'expliquer d'où provenait à la forme du prisme cette action puissante et particulière qui le pouvait rendre capable, en altérant diversement par sa résistance le mouvement des rayons, de modifier ainsi la lumière en différens tons de couleurs, lorsqu'on ne remarque pas, au contraire, à surfaces réfractantes parallèles, le moindre changement de la nature des rayons à leur transmission par des corps dont la résistance cependant est quelquefois plus forte de beaucoup; et de plus, si ces couleurs n'étaient réellement autre chose, comme nous les concevions, qu'un simple effet de telles modifications du mouvement lumineux, il devrait être immanquable qu'au moins les rayons colorés intermédiaires, ou les plus lucides dans leurs couleurs, dont le mouvement, dans cette hypothèse, aurait été le moins altéré par la réfraction, s'ils étaient soumis séparément à l'action modifiante de nouveaux prismes, se décomposassent encore semblablement, de même que les primitifs rayons incolores, et que leurs extrêmes bords se revêtissent, comme les bords de ceux-ci,

de nuances diverses : ainsi le rouge se modifierait de nouveau en violet et en bleu, l'orangé en bleu et en rouge, et de même des différens autres rayons que fait paraître le prisme. Mais il est constant et éminemment prouvé, au contraire, par d'irréfragables expériences, que de telles mutations de ces couleurs n'ont absolument point lieu ; et que chacun des sept rayons distincts qu'on a nommés purs et homogènes, conserve immuablement dans toutes les circonstances de sa motion sa propre teinte originaire, que l'inégalité de la réfraction du prisme n'a vraiment point fait naître en effet, mais ne fait seulement que dégager et mettre à découvert visiblement, en l'isolant des diverses autres couleurs. Et ce que nous disons de cette théorie feinte doit s'entendre de même, généralement, de toute hypothèse où l'on ne voudrait voir, dans la décomposition que le prisme produit, qu'une modification accidentelle des rayons blancs du jour, que l'on supposerait simples et indécomposables.

Le théorie des couleurs qui s'érige sur ces mêmes principes de mécanique, n'est pas moins incertaine ni mieux fondée que cette explication incohérente de la réfraction du prisme ; car, outre que, par l'expérience de la bulle, il est manifeste que la vivacité et la force absolue de la lumière qui est réfléchie, ne sont point du tout en raison de la résistance des parties solides des divers corps où cette réflexion s'effectue (art. 94), comme cette théorie

cartésienne le supposerait sans aucun fondement véritable (art. 102) : de plus, si la fécule bleuâtre de l'indigo était constituée, par exemple, de telle sorte, que recevant des différens rayons qui la frappent quelque partie de leur rapide et impétueux mouvement, d'où sa matière solide concevrait, selon l'hypothèse de Descartes, l'agitation interne qui l'échauffe, elle dût communiquer chaque fois à ces rayons le mode ou la puissance de la lumière sous la couleur de laquelle nous la voyons, et les constituer nécessairement par son choc en cette sorte de mouvement qui est particulièrement affecté à sa nature; ce même corps, illuminé des rayons de la lumière jaunè homogène, ou de toute autre lumière, quelle qu'elle soit, dont la puissance impulsive fût supérieure à cette puissance de la lumière indigo, devrait, en leur retirant par le choc une proportionnelle quantité de leur motion, modifier également ces autres rayons dans le même ton de sa couleur propre du bleu, quoique sans doute avec des degrés différens pour les différentes lumières colorées. Mais l'opposé est directement ce que l'expérience nous démontre; puisque le précédent livre a fait voir, au *quatre-vingt-huitième* article, que tous les corps de la nature, sans exception, de quel genre et de quel coloris qu'ils puissent être, paraissent uniformément et spécialement de la seule et unique couleur des rayons simples qui leur sont

envoyés par le prisme; ce qui est entièrement contradictoire à la supposition de l'hypothèse.

104. Cette considération, empruntée de la vraie nature des rayons simples, se peut opposer encore victorieusement à la théorie d'Euler sur les couleurs. Cet habile géomètre les attribuait à la propriété de tension et d'élasticité dont seraient doués diversement les corps opaques, qui constitués, selon lui, par les rayons qui les frappent en un mouvement vibratoire d'une intensité différente dans chacun, devenaient capables de produire par ce mouvement, dans le milieu éthéré qui les environnait, comme les substances qui sont lumineuses par elles-mêmes et d'où la clarté est émise, quoique, il est vrai, avec un degré moindre d'activité, des pulsions directes de lumière d'une différente couleur, ou de véritables rayons, par lesquels leurs images distinctes propagées se rendraient sensibles à nos yeux; c'est-à-dire que nous ne verrions point, dans cette hypothèse, les images des divers corps opaques par les rayons mêmes du jour qui leur sont envoyés et qu'ils nous réfléchissent, mais par d'autres rayons qu'en vertu de cette agitation intérieure que la lumière du jour leur communique, ils formeraient d'eux-mêmes diversement et sous des couleurs différentes selon la diversité de leur nature, à peu près comme l'impulsion semblable d'un même choc, appliquée sur de différentes substances, en fait sor-

tir de différens sons : *corpora opaca per radios reflexos non cernimus, sed per radios quos ipsæ horum corporum particule ad motum tremulum concitate producunt.* (Nov. th. lucis, § cx1.) Une connaissance bien profonde de la physique des rayons n'est pas nécessaire pour sentir tout ce qu'a de faux et de spécieux un tel système. En effet, si nous ne voyions les corps opaques que par leurs propres rayons mêmes, comment se ferait-il, je le répète, qu'ils ne paraltraient toujours précisément que de la couleur unique de la lumière simple qui leur est envoyée par le prisme ? Peut-être encore, il est vrai, que les culcristes, éludant par une subtilité adroite cette essentielle question, voudraient prétendre que chacun des rayons d'une lumière simple ne peut occasioner dans les corps que le mouvement seul de vibration dont lui-même il est doué. Qu'ils nous montrent donc que dans les expériences de la bulle et des verres objectifs de télescope (art. 91 et 93), la matière de l'eau ou celle de l'air atmosphérique doive avoir en effet une force plus grande d'élasticité, ou en présenter une moindre au contraire, suivant que l'épaisseur de leur substance est moindre, ou qu'elle est plus grande de quelques millionièmes parties du pouce ? Cette expérience de la bulle est certainement sans réplique, et pour ne pas en voir toute la force, il a fallu que, séduit par l'attrayante simplicité d'un système facile, ingénieux et parfaitement

lié et concordant en toutes ses parties, et plus encore par l'apparente analogie de la propagation du son au phénomène de la lumière, quoique, admettant même cette analogie aussi parfaite que possible, la différence des subtilités entre les deux agens rende ces phénomènes très divers, le savant auteur qui a inventé ce système ait passé d'une vue rapide et légère sur quelques anomalies qu'il ne pouvait définir, et que personne alors n'avait expliquées d'une manière simple, concordante et véritablement intelligible.

105. Si la doctrine que Newton enseigne dans son livre de l'Optique sur l'origine des couleurs dans les substances opaques, qu'elles proviennent de ce que les surfaces de ces corps (art. 88) réfléchissent dans une abondance plus grande les rayons d'une certaine lumière homogène que ceux de toutes les autres, est, par les faits que le précédent article vient d'exposer (art. 104), la seule exacte et la seule que l'expérience confirme en tous ses points, il est certain aussi, par l'analyse que la proposition sixième a donnée des principes généraux de cette théorie, que la lumière du jour se doit former de plusieurs rayons distincts et hétérogènes, je veux dire dont les impressions sur la vue sont différentes, et les puissances motrices inégales. Mais il suffit d'ailleurs de la seule expérience du prisme pour établir pleinement ce principe : c'est uniquement, en effet, dans cet

incontestable principe d'une composition véritable de la lumière blanche du soleil, ce premier point de la théorie newtonienne, que cette expérience peut avoir son explication facile, pleine et irrécusable. Descartes, au discours sixième de sa Dioptrique, enseigne d'une manière générale que *la façon dont la lumière se meut fait le sentiment de la couleur*, sans spécifier plus particulièrement quelle cette façon peut être; et à son discours premier il dit aussi, » que les couleurs ne sont autre chose, dans les corps » qu'on a nommés colorés, que les diverses façons » dont ces corps reçoivent la lumière du jour et la » renvoient contre nos yeux. » Ainsi, l'on voit que, ne reconnaissant au réel qu'une seule nature dans la lumière, il n'expliquait la variété de ses couleurs que par les *façons* diverses de son mouvement. Cette opinion où il a été de leur origine naturelle se manifeste encore plus spécialement, et d'une manière plus claire et positive, à la huitième partie de ses Météores, où il traite de la génération de l'arc-en-ciel. « La nature des couleurs, y est-il dit, ne consiste » qu'en ce que les parties de la matière subtile qui » transmet l'action de la lumière, tendent à tour- » noyer avec plus de force qu'à se mouvoir en ligne » directe; en sorte que celles qui tendent à tour- » noyer beaucoup plus fort causent la couleur » rouge, et celles qui n'y tendent qu'un peu plus » fort, la couleur jaune..... Le vert se manifeste où

» elles ne tournoient guère moins vite que de couleur, et le bleu où elles tournoient beaucoup » moins vite. » C'était donc par un accroissement ou une diminution respective de vitesse dans les tournoiemens des parties subtiles de l'éther, c'est-à-dire par des modifications réelles du mouvement progressif de ces parties, que Descartes expliquait la manifestation des couleurs et leur décomposition apparente par l'action du prisme : mais nous avons déjà démontré, au *cent-troisième* article précédemment, qu'on ne pouvait donner de fait certain aucune raison solide et bien distincte de cette action modifiante qu'on supposerait dans les prismes, et que d'ailleurs toutes les expériences témoignaient que l'existence d'une telle action dans ces corps était absolument chimérique; et l'on peut encore ajouter aux puissans et nombreux motifs de cet article, que si l'élément si léger et si élastique de la lumière, comme nous l'estimons très certain, a l'étonnante subtilité qu'on admire dans les invisibles fluides du magnétisme et les torrens de l'électricité, certainement les divers corps opaques qui lui laissent aussi librement de tous côtés tant de passages ouverts, ne pourraient exercer sur elle une action aussi forte ni aussi puissante, à beaucoup près, que leur en attribuent généralement les systèmes que nous entreprenons ici de réfuter.

106. L'hypothèse d'Euler sur les lumières sim-

ples et primitives substituait à l'inégalité de tournoïement qu'avait imaginée Descartes, une inégalité relative dans la vitesse ou la fréquence des pulsions de ces mêmes lumières; et elle représentait cette inégalité comme naturelle et originaire en elles, c'est-à-dire comme dérivant de l'inégalité même des vibrations du corps moteur ou lumineux d'où les différens rayons étaient émis. « La diversité » des couleurs, soutient ce géomètre, dépend du » nombre des pulsions qui, dans un temps donné, » entrent dans l'œil » : *diversitas colorum à numero pulsuum, qui dato tempore in oculum incurrunt, pendet.* § LXXXIV. Et il comprenait que la lumière rouge, qui est la moins réfractée, était celle dont les pulsions se succédaient dans l'éther avec la rapidité la plus grande, attribuant au contraire aux rayons obscurs de la lumière bleue la célérité moindre dans ce fluide et les pulsions les plus écartées les unes des autres. § XCII. (*Nov. theoria lucis.*) C'était ainsi qu'il expliquait, par l'inégalité des vitesses dans les sept rayons simples, leur réfrangibilité inégale; et comme cette inégalité de la fréquence de leurs pulsions respectives, était conçue et imaginée tout exprès pour la faire coïncider précisément avec les phénomènes que l'on a observés dans leur réfraction, il n'est nullement étrange que ce géomètre, par son moyen, ait donné une explication très précise de ces phénomènes divers. Mais si l'on exa-

mine bien à fond et avec attention son système, on verra que concéder à la lumière une célérité inégale, c'est lui attribuer effectivement, et en la considérant selon sa vraie nature que notre premier livre a fait connaître, celle, je veux dire, d'une subtile matière élançée, une inégalité très réelle dans son mouvement progressif au milieu de l'espace; et ainsi tout ce système nous paraît rentrer exactement dans celui des modifications variées du mouvement lumineux, que nous avons déjà réfuté au *cent troisième* article de ce livre. C'est-à-dire que si la théorie d'Euler était vraie, les parties subtiles de la lumière, à mesure que, par les chocs et les froissemens inévitables, elles auraient perdu peu à peu de leur mouvement primitif, devraient aussi, en s'affaiblissant, changer successivement de nature, et passer de degré en degré, par cet affaiblissement de leur célérité première, de la vélocité plus grande de la lumière rouge à la moindre vitesse des rayons bleus. Ou si Euler, ne permettant pas qu'on assimile, contre l'évidente démonstration qui s'en déduit de tous les théorèmes du premier livre (art. 15), la propagation successive de la lumière à la commune course des corps terrestres qui se meuvent, récusait cette première raison; du moins l'observation des éclipses des satellites de Jupiter, que nous avons déjà alléguée contre ce principe au *soixante-dix-neuvième* article, suffirait-elle encore pour con-

vaincre d'une impossibilité mathématique la distinction supposée des vitesses dans les sept rayons simples du jour.

407. Mais si le phénomène singulier de la décomposition de la lumière par le prisme, n'a point sa cause, comme nous le venons de faire voir, dans les modifications diverses de la nature ou du mouvement des petites parties lumineuses, supposées simples et homogènes, on doit reconnaître son origine dans une inégalité positive et très certaine de force et de vertu colorante entre ces parties, véritablement hétérogènes ou distinctes les unes des autres. Cette diversité des rayons simples n'existant entre eux uniquement que dans leur puissance, ou, en d'autres termes, dans la vivacité différente de leurs impressions sur les corps, leurs propriétés motrices et impulsives étant d'ailleurs les mêmes, on doit penser avec Newton qu'ils ne diffèrent essentiellement les uns des autres que dans leurs grandeurs respectives seulement; et l'explication claire et facile de tous les phénomènes des couleurs, à la proposition sixième, par le seul fait de cette inégalité essentielle entre les grandeurs des rayons simples, doit faire regarder cette opinion en effet comme une certitude positive. *Ad colorum varietatem omnem diversosque refrangibilitatis gradus producendos, nihil aliud opus est, quàm ut radii luminis sint corpuscula diversis magnitudinibus.*—Opt., quæst. 29.

Pour ce qui peut être d'ailleurs du nombre fixe et déterminé où se doivent limiter ces lumières simples et homogènes, voici comme s'exprime à ce sujet l'auteur de l'Optique à la deuxième proposition de son premier livre, partie seconde : « Dans la » onzième expérience que j'ai faite, à la première » partie de ce livre, de la séparation des rayons de » la lumière blanche du jour, l'image solaire, de » l'une à l'autre de ses extrémités opposées, paraissait revêtue des sept couleurs du rouge, de l'orange, du jaune, du vert, du bleu, de l'indigo et du violet, disposées dans un ordre successif, et de leurs couleurs intermédiaires, sans aucun nombre, qui se confondaient perpétuellement et par une série continue les unes dans les autres ; de sorte qu'il paraissait y avoir réellement autant de couleurs que de rayons diversement réfractés, lesquelles cependant, comme des degrés innombrables d'une même couleur primitive, se peuvent comprendre toutes spécifiquement dans la classe de quelqu'une des sept lumières principales qu'on vient de dénommer : » *qui tamen omnes sub speciebus et nominibus colorum septem principalium prædictarum comprehendere possint, tanquam eorum gradus innumerari.* En effet, dans ses nombreuses expériences, il n'a trouvé que les rayons de ces sept lumières précitées qui conservassent invariablement, dans toutes les réfractions et les ré-

flexions possibles, leur même couleur originelle sans aucune trace aperçue d'une décomposition ultérieure. C'est pourquoi, jusqu'à ce qu'il soit reconnu par des expériences plus exactes, dans quelque une de ces sept lumières de Newton, quelque signe apparent d'une décomposition effective, ou qu'on en ait, au contraire, remarqué d'autres qui fussent véritablement indécomposables, on doit maintenir, sans affirmer qu'il n'y en ait point peut-être un bien plus grand nombre, que la difficulté des expériences nous a empêchés jusqu'ici de discerner, la conclusion immédiate que cet auteur en infère : *que la lumière blanche du jour se compose de sept rayons simples ou homogènes des sept couleurs du rouge, de l'orangé, du jaune, du vert, du bleu, de l'indigo et du violet.*

COROLLAIRE I.

108. *Que les degrés absolus de puissance et conséquemment de grandeur (art. 107) des sept lumières simples colorées les doivent classer respectivement suivant cet ordre : la jaune, l'orangée, la verte, la rouge, la bleue, l'indigo et la violette.*

Nous avons vu, par les cent cinquième et cent sixième articles de cette proposition, que Descartes et Euler concevaient les puissances respectives des divers rayons colorés, ou les degrés différens de la force impulsive qui les meut, selon l'ordre même

où ils sont réfractés dans le prisme. Cette opinion s'est généralement accréditée parmi les physiciens et les savans : c'était celle en effet qui semblait s'offrir le plus naturellement à leur esprit, et qu'il était en apparence le plus facile de faire coïncider exactement aux phénomènes observés. Newton l'appuyait lui-même par l'autorité de sa science. « Les corpuscules » qui sont les plus subtiles de la lumière constituent, » assure-t-il, la couleur violette, qui est la plus » sombre et la plus languissante des couleurs, et » ce sont ceux aussi que l'action des corps détourne » et fait infléchir avec le plus de facilité et de puissance de leur voie directe ; les divers autres, selon » qu'ils surpassent ceux-ci en grandeur, produisent aussi des couleurs plus fortes et plus brillantes, la bleue, la verte, la jaune, l'orangée et la rouge, et ils se laissent détourner en la même » proportion de plus en plus difficilement de la direction première de leur course. » *Opt.*, quest. 29.

Cependant il est bien certain que la lumière jaune est une lumière plus vive et plus puissante en un éminent degré, que ne sont l'orangée et la rouge : les expériences à cet égard sont unanimes, et elles ne peuvent laisser lieu à aucun doute sur cette vérité décisive. L'exact Newton, en contradiction à sa doctrine, a dû la reconnaître lui-même tacitement, lorsqu'il a conclu, à la proposition septième de son premier livre de l'Optique, partie première,

que c'est toujours par la réfraction de cette lumière, dont le sinus est au sinus de l'incidence comme 11 est à 17, qu'il convient de mesurer en effet dans la théorie la réfraction du verre et du crystal à l'usage de l'optique : *horum quidem [flavorum] radiorum refractione dimetienda est refractio vitri et crystalli ad usus opticos*. Il remarque même que la lumière directe du soleil est communément un peu jaunâtre, et que plusieurs fois il a dû employer pour cette cause, au lieu des clairs rayons de cet astre, la lumière blanche que lui réfléchissaient les nues, *locosubflavi luminis solaris lumine albo nubium usus sum*. (Ib. pars 2, prop. 8.) Cette tendance ordinaire des rayons du soleil les plus directs à la couleur jaune vient évidemment de leur force même, ces rayons, d'une ardeur si vive et si puissante, entraînant dans une trop notable abondance les parties les plus fortes de la lumière, desquelles est constituée la clarté jaune; tandis que les nuées dont l'azur du ciel se blanchit, interceptant, pour cette raison même qu'elle est la plus forte, une quantité plus grande des rayons de cette même lumière, nous devront transmettre de la sorte une clarté plus douce et plus égale, c'est-à-dire un jour qui se compose des différens rayons homogènes en une plus égale proportion.

Les observations de Buffon, dans son sixième Mémoire sur la Chaleur, viennent encore à l'appui de

cette opinion nouvelle que nous maintenons de la plus grande véhémence des rayons jaunes. « Ce sont, » dit-il, ces rayons qui ébranlent le plus fortement » la rétine et qui brûlent le plus violemment, » comme je crois m'en être assuré en réunissant, au » moyen d'un verre lenticulaire, une quantité de » rayons jaunes qui m'étaient fournis par un grand » prisme, et en comparant leur action avec une » égale quantité de rayons de toute autre couleur, » réunis par le même verre lenticulaire et fournis » par le même prisme. » (§ II. *miner. intr. part. expér.*) C'est la lumière violette, dit aussi Scheèle, et la lumière pourpre qui sont les plus faibles de toutes les lumières colorées, ou qui répandent le moins de chaleur. Lorsque l'ardéure est très peu forte, la lumière est bleue, comme on le voit dans la flamme vacillante des charbons, de l'air inflammable, du soufre, de l'esprit-de-vin; lorsqu'elle l'est davantage, la flamme est rouge, et plus forte encore, elle est jaune : « et voici pourquoi, ajoute » Scheèle, l'œil peut fixer plus long-temps les rayons » violets que les rouges. » *Tr. chim. de l'Air et du Feu*, §§ LXIX et LXXVI.

109. Mais ce qui achève surtout de démontrer irrécusablement cette vérité fondamentale, que cet ouvrage vient le premier entreprendre de réduire aux exacts principes de l'Optique, ce sont sans contredit les observations précises qu'on a faites sur la chaleur

que les divers corps conçoivent à la lumière; car il est manifeste que les substances qui, réfléchissant à nos regards ses rayons les plus faibles, en absorberont les plus forts, se devront ainsi échauffer, par cette absorption de la plus vive et de la plus éclatante lumière, en un plus éminent degré. Or, l'expérience constante nous assure, par des observations journalières, que d'autant que la couleur sous laquelle les divers corps opaques nous apparaissent est languissante et obscure, d'autant aussi leur matière s'échauffe avec plus de promptitude et de vigueur au foyer brûlant de la lumière : il faut donc bien que les rayons que ces corps obscurs nous réfléchissent soient effectivement les plus faibles, et ceux au contraire qu'ils absorbent les plus forts et les plus ardents de tous; c'est-à-dire qu'il faut, sans aucun doute, que les plus obscurs rayons de la lumière, qui sont les violets, les bleus, les indigo et les rouges, soient les plus débiles et les moins puissans des sept rayons simples et homogènes. Ces divers faits ont été vérifiés avec précision par les physiciens du dernier siècle, et nommément par Franklin, en exposant à la vive ardeur du soleil sur de la neige de petits morceaux de différentes étoffes qui étaient variées de couleurs; car ils observèrent constamment dans cette expérience, que chacun des morceaux de ces étoffes s'enfonçait dans l'épaisseur de la neige, par la chaleur intérieure qu'il concevait et qui la faisait fondre, à

une profondeur qui devenait plus grande à proportion précisément comme sa couleur était plus sombre et moins lucide; et nous avons déjà rapporté, au *cent deuxième* article, l'expérience de Scheèle sur les deux thermomètres égaux, dont l'un, rempli d'un esprit-de-vin d'un rouge foncé, s'élevait aux rayons brûlans du soleil, par la dilatation plus forte de sa liqueur échauffée, avec une célérité sensiblement plus grande que celui dont la liqueur était dépourvue au contraire de toute teinture. « Plus la » couleur d'un corps approche du noir, dit ce chimiste, plus il est échauffé avec promptitude par » les rayons du soleil; et plus il est blanc, plus il » faut au contraire un long espace de temps pour » que le soleil l'échauffe..... Les corps blancs, continue-t-il, qui repoussent la lumière en tous les » sens, de même que ceux qui ne s'opposent nullement à son passage, et qu'on a nommés transparents, ne s'échauffent que peu et avec lenteur. » *Ut supra*, § LXVII.

Donc véritablement les puissances ou les grandeurs relatives des différens rayons colorés observent exactement l'ordre direct de la vivacité de leur lumière, c'est-à-dire qu'elles observent, l'une à l'égard de l'autre réciproquement, l'ordre respectif des sept couleurs du jaune, de l'orangé, du vert, du rouge, du bleu, de l'indigo et du violet. Nous avons supputé, d'après ces notions, dans le pré-

cédent livre, par une évaluation numérique très rapprochée (art. 71), que ces puissances des sept lumières homogènes se devaient représenter respectivement par les nombres 159, 91, 57, 45, 34, 27 et 19, et leurs solidités relatives par les sept quantités des autres nombres 191, 82, 40, 29, 18, 13 et 7 $\frac{1}{2}$. On a vu d'ailleurs, au corollaire premier de la proposition sixième de ce même livre, comment de l'inégalité naturelle de ces grandeurs dans les sept rayons homogènes doit dériver, par une conséquence nécessaire, l'inégalité de leur propriété réfractive dans les corps; et des degrés inégaux de cette propriété dans les rayons divers dérivent ensuite, à une transmission oblique dans les milieux, suivant les lois qui en sont exposées méthodiquement aux corollaires second et troisième de cette même proposition mentionnée, et spécialement au septante-neuvième article, non-seulement une célérité très diverse, mais aussi une réflexibilité inégale dans chacun d'eux, ainsi que l'expérience du prisme le fera voir.

COROLLAIRE II.

110. *Que la séparation des rayons simples par l'inégalité de leurs grandeurs ou des puissances diverses de leur inflexion (art. 70), se doit accomplir toutes les fois qu'ils éprouvent dans leur course directe une déviation quelconque, par la ren-*

contre d'un ou de plusieurs corps terrestres dont le choc les détourne.

Car lorsqu'il arrive qu'un étroit filet de rayons se vienne briser sur un corps, quelque faible que soit ce corps, il y a toujours plusieurs parties lumineuses qui, empêchées dans leur course, en sont réfléchies; et ces parties venant à rencontrer les autres rayons qui se propagent à quelque intervalle près du corps et sans le heurter, elles les détournent plus ou moins facilement de leur voie directe, selon leurs grandeurs différentes, par l'impulsion motrice qu'elles leur impriment, ainsi que nous croyons l'avoir clairement expliqué au scolie de la proposition sixième, *soixante-dixième* article du premier livre : c'est-à-dire que les plus faibles de ces rayons homogènes cédant toujours le plus aisément à cette action impulsive qui les détourne, et les plus forts ou les plus massifs réciproquement se trouvant entraînés de nécessité, par l'impulsion moyenne de ceux-ci et des rayons dont la puissance motrice est médiocre, à se mouvoir uniformément dans le centre de la commune attraction de ces lumières, je veux dire de leur action commune et mutuelle les unes sur les autres (art. 15), ils s'infléchiront tous précisément suivant l'ordre respectif qui s'observe sur l'image de la décomposition lumineuse qu'offre le prisme. Ainsi, la rencontre d'un cheveu, le choc

d'une lame de couteau, et toute inégalité quelconque que la lumière éprouve dans sa course est suffisante pour opérer en elle cette décomposition apparente de ses parties par la séparation inévitable des rayons simples.

111. Cette séparation naturelle des primitifs rayons de la lumière, par l'action répulsive qu'exerce sur eux, en général, la résistance des corps, ne saurait devenir sensible à la vue que dans les parties rares et peu fournies d'une lumière atténuée, où chacun en effet de ces rayons s'infléchissant diversement, suivant la diversité de leur propriété inflexible ou leur facilité diverse à céder, leur couleur se puisse montrer pure et homogène, et absolument dégagée de toute étrangère clarté. Ainsi l'on voit, dans l'expérience citée au *vingt-deuxième* article de la proposition seconde, un faisceau assez large de rayons, par leur multitude, conserver même toute sa blancheur à son émergence hors du prisme, les sept lumières simples primitives, à cause de la quantité de leurs rayons qui se croisaient partout diversement, s'y trouvant encore trop uniformément mêlées et confondues les unes dans les autres; tandis que l'on observe que les ombres, où la lumière est rare, en certaines circonstances et sous certains aspects, se colorent, par la réflexion apparente de l'azur céleste qui y domine, des obscurs rayons de la lumière bleue, et qu'une feuille blan-

che, illuminée par le jour que les surfaces noires lui réfléchissent, ou par la faible lueur de la lune, paraît souvent comme bleuâtre. De même nous éprouvons, dans les journées brumeuses de l'hiver, lorsque l'atmosphère est chargée d'épaisses vapeurs, que le soleil ne nous envoie plus à travers leurs brouillards qu'une clarté rouge et languissante, à cause de l'abondante lumière que la multiplicité des chocs et des réfractions dans un air épais a fait perdre ou réfléchir; et la lueur jaunâtre qui se répand d'une lampe dans l'obscurité contracte de plus en plus, par l'éloignement, une teinte rouge dans les vapeurs de la nuit, comme lorsque dans l'expérience dixième de Newton, partie première de son Optique, le rayon transmis, à mesure qu'il perd par la réflexion de sa clarté primitive, passe graduellement du jaune clair à la couleur rouge homogène des rayons les moins réfrangibles.

C'est pour cela encore que lorsqu'on regarde quelque objet à travers le prisme, les couleurs de la lumière décomposée ne paraissent que sur les extrémités des ombres qui bordent le corps, c'est-à-dire aux endroits seuls où il y a peu de lumière réfléchie, dont l'excès de clarté en puisse empêcher à la vue la perception distincte, de même qu'un bruit subit et violent, par son fracas tumultueux, empêche d'entendre auprès de soi un son plus doux; et il arrive que quand l'objet qu'on regarde est entouré d'une

trop éclatante lumière, comme lorsqu'on fixe à travers le prisme le faite d'une maison, on ne le voit frangé que de ceux des rayons colorés de l'arc-en-ciel qui sont portés en bas par la réfraction, soit des seuls rayons de la lumière rouge et de la jaune, ou des rayons bleus et des violets, selon comme est tourné l'angle du prisme, les rayons des diverses autres couleurs qui sont portées vers en haut se trouvant perdus et comme noyés dans la vaste clarté des nues. Cela paraît lorsque, détournant le prisme, on le dirige vers quelque autre objet qui soit environné d'une clarté moins forte et moins vive, comme, par exemple, sur un petit livre ou sur un cahier; car alors on pourra observer distinctement les trois bandes irisées des trois couleurs, parmi lesquelles la bleue, toujours plus réfractée par l'action du prisme, se vient montrer constamment à l'extrémité la plus éloignée des rayons directs de la lumière, c'est-à-dire en bas lorsque la réfraction se fait en ce sens, et en haut lorsque le contraire a lieu, et la couleur rouge à l'opposé.

On comprend donc par là que toutes les fois que la lumière blanche nous affecte, il ne s'ensuit pas néanmoins qu'il n'y ait point eu peut-être quelque décomposition antérieure de la clarté du jour, c'est-à-dire quelques inégalités dans les inflexions des rayons simples dont la réunion la compose : mais souvent elles sont demeurées insensibles par l'abon-

dance trop forte de ces rayons , qui se croisent tous et se confondent dans un mélange bien parfait, et souvent aussi ces inégalités dans leurs mouvemens ont été réparées ensuite par de contraires inflexions; car il suffit, pour que la lumière du jour se conserve blanche, que ses parties hétérogènes se meuvent toutes dans la même direction exactement, ou sur des plans uniformément parallèles, puisque alors elles affectent toutes également et dans le même temps l'organe de la vue.

112. Remarquons encore, avant de terminer ce théorème , pour rapporter succinctement les nombreuses et intéressantes expériences par lesquelles Newton fut conduit à la découverte de cette composition apparente de la clarté du jour , et par suite à sa théorie ingénieuse des couleurs des corps, que cette séparation des rayons simples, qu'on a nommée abusivement la *décomposition* de la lumière, se peut accomplir de deux sortes, d'abord par l'inégalité des inflexions de ces mêmes rayons homogènes , comme on l'a présenté dans ce corollaire, et en second lieu par l'inégalité des grandeurs respectives de leurs accès, comme le corollaire quatrième de la proposition précédente l'a fait voir. La première de ces décompositions , qui est celle du prisme, ne devient sensible suffisamment qu'à quelque intervalle où la divergence des rayons est assez forte; et la seconde, au contraire, ne se manifeste

qu'en de très faibles espaces et dans les plus petits corps (art. 83 et 92). D'ailleurs, quand nous parlons d'une décomposition de la lumière, nous n'entendons nullement une vraie analyse, comme serait celle d'élémens distincts intimement combinés dans un corps, et qui en formeraient une substance mixte et parfaite; mais nous ne voulons désigner qu'une séparation pure et simple des divers rayons, qui, tout-à-fait semblables et non différens de leur nature, ne diffèrent entre eux que dans leur grandeur seulement (art. 107), et que nous ne considérons que comme rapprochés et réunis l'un vers l'autre, et point du tout combinés, dans la lumière blanche du soleil.

Scolie général.

443. En commençant cette revue de la physique expérimentale de la lumière, la première expérience qui vient réclamer surtout notre attention est celle du prisme, que nous diviserons d'abord en plusieurs parties successives : dans la première, nous ferons voir que la lumière blanche du jour se sépare en plusieurs rayons distincts colorés; la seconde montrera que ce phénomène des couleurs n'a point sa cause dans les modifications variées de la lumière, selon le voisinage des ombres ou les accidens divers de la clarté du jour; la troisième, que les rayons colorés du prisme sont vraiment simples ou incapa-

bles d'aucune décomposition ultérieure; et les dernières parties de cette importante expérience fourniront la preuve sensible de l'inégalité qui existe dans les puissances de la réflexibilité et de la réfrangibilité de ces sept lumières reconnues simples. Nous viendrons ensuite à l'explication non moins utile et non moins curieuse des différens phénomènes des inflexions du cheveu et des lames de couteau; et nous terminerons ce second livre par quelques observations de Buffon sur l'origine de certaines couleurs, qu'à son exemple nous appellerons aussi *accidentelles*.

Expérience du prisme. Opt., lib. 1.

Que la lumière blanche du jour se partage en plusieurs lumières distinctes colorées. Solis luminis albor compositus est ex primariis omnibus coloribus, apta proportionem inter se comixtis. — Art. 101; corol. 2, art. 111. (NEWTON, lib. 1, pars 2, prop. 5.)

1. *Pars 1, exp. 3.* Un rayon de soleil qui traverse un prisme dans une chambre obscurcie est détourné de sa direction primitive, s'écarte, et vient dépeindre sur la muraille une image oblongue qui est nuancée des couleurs variées de l'arc-en-ciel. — *Exp. 4.* Et si l'on regarde par le prisme l'ouverture par laquelle la lumière est introduite, elle paraît oblongue et irisée des mêmes couleurs que cette image elle-même. — *Exp. 11.* En plaçant une

lentille devant le prisme, on rendra ces couleurs beaucoup plus claires et distinctes sans aucune pénombre, et elles seront toujours d'autant plus simples, c'est-à-dire séparées et écartées les unes des autres, que l'ouverture de la croisée par laquelle la lumière est émise sera plus petite. — *Pars 2, prop. 8.* Si le prisme qu'on emploiera est assez ample, et que le rayon transmis le recouvre presque dans son entier, le mélange de toutes les couleurs primitives sera cause que le rayon conservera sa blancheur dans le milieu jusqu'à une certaine distance, comme, par exemple, à l'intervalle *aaa* (fig. treizième); de sorte que les couleurs sur l'image oblongue lumineuse seront ainsi disposées successivement : le violet, l'indigo, le bleu, le verdâtre, le blanc, le jaunâtre, l'orangé et le rouge.

2. *Pars 2, exp. 10.* Une feuille blanche de papier étant placée au foyer d'un verre lenticulaire qui reçoit la lumière décomposée par le prisme, conservera sa blancheur sans aucun mélange, et, selon qu'on l'approchera ou qu'on la reculera davantage de ce même point, elle se revêtira aussitôt des couleurs dont le spectre solaire s'illumine. Si l'on intercepte sur le verre une ou plusieurs des diverses lumières colorées, la blancheur de la feuille, à son foyer, en sera altérée incontinent, selon les couleurs qu'on aura interceptées sur le verre, et hors du foyer de la lentille, quand les couleurs du prisme

se dépeindront suivant leur même ordre sur la feuille, celles interceptées y manqueront parmi toutes les autres; et si on regarde alors par un second prisme la feuille blanche quand elle est placée au foyer, on y verra dépeintes, suivant leur rang, chacune des couleurs prismatiques, hormis celles-là seules qu'on aura effectivement interceptées. Enfin, le résultat est le même si l'on intercepte les couleurs sur le même verre avec les dents écartées d'un peigne; mais si le peigne est mù fort vite, aucun changement apparent n'en devra suivre. On peut employer encore, pour faire converger les rayons, au lieu d'un verre lenticulaire, deux autres prismes placés inversement du premier où la lumière se décompose, c'est-à-dire dont la réfraction se fasse en le sens opposé de la première réfraction; car l'un rapprochera du parallélisme les rayons devenus divergens, et le troisième, en augmentant la réfraction du second prisme, les détournera inversement de cette tendance première de leur divergence, et devra faire ainsi qu'ils se croiseront de même qu'au foyer de la lentille. Un seul prisme suffirait bien sans doute pour obtenir tout ce même effet, mais il serait alors moins distinct, et le point de convergence des rayons plus éloigné.

3. *Ibid.*, exp. 12. Que la lumière du soleil qu'on a transmise à travers un prisme assez ample retombe à une distance convenable sur un large

peigne à sept dents, dont chacune, laissant un intervalle d'un demi-pouce, comprend elle-même une largeur d'une égale mesure, la grandeur du peigne en total étant approchant de sept pouces ou d'un demi-pied : si l'on place à deux ou trois pouces de distance une feuille blanche opaque, elle paraîtra toute divisée en des zones contiguës des sept couleurs, qui se répandront distinctement dans les ombres du peigne, chaque couleur, par l'inclinaison différente que sa réfraction lui donne à la surface inférieure du large prisme, se manifestant en un différent espace entre les dents de ce peigne, dans celui, voulons-nous dire, des sept espaces égaux qui le divisent où son inclinaison la porte en plus grande abondance que toutes les autres lumières ; et ces zones distinctes et parallèles s'élèveront ou descendront, selon le sens où le peigne mobile sera porté ; et s'il est mû avec une rapidité assez grande, la confusion de toutes ces bandes, comme lorsqu'on le retire entièrement, fera paraître le papier d'une blancheur égale et uniforme. A la distance environ de douze pouces du même peigne, ces diverses bandes colorées, par la divergence de leurs rayons, s'entremêlant les unes les autres, la feuille opaque deviendra blanche partout uniformément ; et si alors on intercepte l'un des sept intervalles de ce peigne, où se trouve le passage de l'une des sept lumières colorées, la blancheur de la feuille à ce

même endroit intercepté ne sera plus égale, et elle se nuancera des autres couleurs qui s'y répandront diversement. Mais lorsque, rétablissant le passage à la lumière interceptée, la feuille demeure blanche, si on l'incline du côté de l'angle du prisme d'où s'infléchissent et divergent les rayons homogènes les plus réfrangibles, comme vers le côté *c* (fig. treizième) et selon le sens de *eb*, elle paraîtra toute bleue; et inclinée sur le côté opposé, d'où s'infléchissent les rayons dont la réfraction est la moins forte, comme selon le sens de *op*, elle deviendra toute rouge : car ce seront, dans l'un et l'autre cas, les rayons de chacune de ces deux couleurs homogènes qui, étant sur la feuille les moins obliques, et s'y réfléchissant en plein, y devront dominer alternativement.

4. *Ibid.*, *exp.* 13. On rétablit la couleur blanche du rayon solaire décomposé, en appliquant inversement l'une sur l'autre les couleurs des images lumineuses de plusieurs prismes. — *Exp.* 14. Et de même l'écumie poreuse de savon, qui, vue de très près, est irisée, regardée à quelque distance, semblerait, par la confusion des couleurs des divers rayons qui se mêlent, d'une blancheur bien égale sur toute sa masse, ainsi qu'on a vu, par la douzième expérience de Newton, dans l'alinéa précédent, que la feuille opaque qui proche du peigne est toute diversifiée de couleurs, si on la reculait jusqu'à l'intervalle de douze pouces, devenait alors tout-à-fait blanche.

— *Exp.* 15. Enfin on compose avec de l'orpiment ; du vermillon, du vert-de-gris et du bleu de montagne ou carbonaté de cuivre, une poudre blanchâtre qui, exposée aux rayons brillans du soleil, paraît plus blanche que n'est le papier, et d'une blancheur presque égale à une clarté moins vive. Newton donne, à ses sixième et septième propositions de la même partie, la proportion convenable du mélange de chacune des sept couleurs principales pour composer à volonté toute nuance quelconque que l'on désire; et il observe que ces sortes de poudres, à cause de la mobilité et de la désunion de leurs parties rompues et isolées, ne peuvent pas réfléchir au jour une couleur aussi pure ni aussi vive que se montre celle des corps solides et compactes, dont toutes les parties sont jointes et bien unies entre elles : il ne faut donc point, dit-il, s'étonner si la poudre blanche composée dont nous parlions n'approche point entièrement à une clarté ordinaire de la blancheur éclatante du papier.

114. *Que le phénomène des couleurs dans la lumière réfractée ne provient pas de modifications accidentelles qui, suivant les terminaisons diverses ou du jour ou des ombres, seraient diversement imprimées à ses rayons.* Phenomena colorum in refracto aut reflexo lumine non oriuntur ex novis modificationibus luminis, quæ, pro variis luminis

Imbræque terminationibus , variè sint impressæ.

— Art. 103. (NEWTON, lib. 1, pars 2, prop. 1.)

Pars 2, exp. 1. Lorsqu'un filet de lumière est introduit dans un cabinet clos et très sombre, si l'ouverture de la croisée par laquelle il entre est assez étroite, et le prisme qui le doit recevoir assez éloigné pour que, divergeant de plus en plus, il pénètre le verre à peu près dans toute sa largeur, et laisse au centre de l'image irisée qu'il dépeint une partie blanche, résultat nécessaire du mélange des divers rayons colorés qui s'y croisent, comme on l'a déjà remarqué à l'expérience de la proposition huitième de l'Optique, rapportée ci-dessus au paragraphe premier du précédent article : que cette partie blanche de l'image, traversant par une ouverture très étroite du corps noir et opaque qui la reçoit, soit portée ensuite sur une feuille blanche disposée à une distance convenable de cette ouverture, elle y dépeindra de même, par le développement des rayons simples qui la composent, et que leur réfraction inégale fait diverger, une seconde image colorée; et si alors on intercepte par un corps opaque, sur la première surface du large prisme qui reçoit la lumière avant la réfraction qui la décompose, l'une des parties quelconque du rayon, soit dans le milieu ou en quelque point de ses extrémités, on fera disparaître de la feuille blanche l'une des couleurs de cette nouvelle image prismatique, sans aucune

altération sensible qu'on puisse remarquer dans les autres. C'est-à-dire qu'en interceptant sur le prisme, par exemple, la portion de cette lumière d'où arrivent dans l'ouverture du corps noir les rayons les plus divergens, on fera disparaître de l'image la couleur bleue; car les rayons de toutes les autres couleurs qui sont émis, aussi bien que les bleus, de ce même point du prisme, étant moins réfractés que ces derniers, ne peuvent arriver réellement jusqu'à cette ouverture du corps opaque, et ils ne passent point conséquemment sur la seconde image. Il en est de même des diverses autres couleurs, qu'on fera manquer sur l'image successivement selon l'ordre de leur réfrangibilité par le prisme, de sorte que chacune en effet deviendra à volonté voisine de l'ombre, et pourra même en être bordée des deux côtés.

Exp. 2. Et si la lumière décomposée du prisme, reçue dans une lentille, est renvoyée ensuite sur une feuille blanche placée à son foyer, lorsque cette feuille sera exposée aux faisceaux de la lumière incidente dans le sens direct de la perpendiculaire, elle réfléchira à la vue la clarté blanche du jour; et elle revêtira diversement les nuances irisées des couleurs du prisme, selon qu'on l'inclinera suffisamment dans un sens ou dans le sens opposé, comme il est rapporté ci-dessus de la douzième expérience au troisième paragraphe du précédent article.—*Exp. 3.* De même, si sur un prisme assez large on fait ton-

ber un rayon qui en recouvre amplement toute l'étendue ; ce rayon devra conserver encore à son émergence hors du prisme sa primitive blancheur ; car le pénétrant par toute sa masse, les diverses lumières colorées, trop mélangées entre elles et trop confuses, par la quantité de leurs parties qui se croisent l'une l'autre mutuellement, doivent composer nécessairement dans ce mélange uniforme l'apparence de la clarté blanche ordinaire : mais si l'on reçoit très obliquement ces mêmes faisceaux composés sur un corps blanc et opaque, il paraîtra tout bleu dans le sens de la plus forte épaisseur du prisme, où se répandent les rayons qui sont les plus réfractés, et jaune et rouge au contraire lorsqu'il recevra ceux qui se portent sur l'épaisseur la plus faible, ou vers l'angle du prisme où la réfraction est moindre ; car les rayons homogènes, diversement inclinés sur le prisme selon l'ordre de leur réfrangibilité différente, doivent être conséquemment diversement réfléchis, et se montrer à l'œil à des inclinaisons différentes respectivement, comme nous l'avons déjà expliqué dans le détail de l'expérience du peigne, que nous rappelions tout à l'heure (art. 113, n. 3). En toutes les circonstances de ces épreuves diverses, conclut Newton, il n'y a certes aucune mutation véritable ni des ombres, ni des réfractions, ni de la lumière, et il y a changement de couleur dans les rayons.

Exp. 4. Enfin les bulles légères de savon , dont nous avons décrit les phénomènes au *quatre-vingt-treizième* article du premier livre , changent également de couleur , comme on l'a vu , tandis que l'œil , la bulle et tous les corps ou qui renvoient sur elle de la lumière ou qui projettent des ombres demeurent cependant fixes et immobiles. Et Newton joint encore à ces expériences décisives la dixième de la première partie de son Optique , que le *cent dix-septième* article de ce livre fera connaître , où il observa que le rayon qui , du parallélépipède que deux prismes en se réunissant formaient ensemble , était transmis sur un troisième verre prismatique , avant que d'arriver sur ce verre dont la réfraction le devait rompre , changeait progressivement de couleur , selon la quantité croissante de la lumière qui se réfléchissait du parallélépipède comme on l'inclinait davantage , car il pensait , avec raison , que si les couleurs variées du spectre solaire ne provenaient que de certaines modifications que le prisme , par ses réfractions attractives , devrait faire subir à la lumière , certainement ces mêmes apparentes lumineuses ne se trouveraient pas du moins dans le rayon , avant même qu'il eût encore passé par le prisme.

115. *Que les rayons colorés du prisme sont vraiment simples et homogènes , ou qu'ils ne sont point*

susceptibles d'une décomposition ultérieure. Omne lumen homogeneum, colorem habet proprium et suum, isque color nullis reflexionibus aut refractionibus mutari potest. — Art. 107. (NEWTON, lib. 1, pars 2, prop. 2.)

1. *Pars 1, exp. 5.* Newton réfrangea de toutes les manières et par plusieurs prismes un même rayon; et dans ces expériences multipliées, les rayons simples qui avaient été réfractés avec le plus de force par le premier prisme le furent également avec une force plus grande par tous les autres, et il ne résulta de toutes ces réfractions alternatives aucune dilatation nouvelle de l'image solaire en largeur. — *Exp. 12.* Car une lumière homogène n'est plus susceptible de dilatation par la réfraction d'un nouveau prisme. — *Exp. 13.* De là vient qu'un rond de papier ou d'étoffe, vu à travers le prisme, paraît oblong s'il est éclairé de la clarté blanche du soleil, mais qu'il ne change pas de figure aux rayons semblables d'une lumière simple et homogène. — *Exp. 14.* Et qu'une mouche s'aperçoit distinctement à travers le prisme lorsqu'elle est dans cette même clarté parfaitement simple, et confusément dans la lumière blanche hétérogène et composée du jour. Il en est de même des caractères d'impression.

2. *Pars 2, exp. 5.* Les rayons des sept lumières homogènes étant reçus à travers le prisme séparément, la couleur est demeurée la même dans cha-

cune sans altération quelconque qui se pût voir; le rayon jaune est resté jaune, et l'orangé ne se décomposa point par de nouvelles réfractions. —

Exp. 6. Et de même tous les corps, de quelque couleur et de quelque nature qu'ils soient, « le pa-
» pier, les cendres, le minium, l'orpiment, l'in-
» digo, le bleu de montagne, l'or, l'argent, le
» cuivre, l'herbe, le bleuet, la violette, les bulles
» d'eau colorées, les plumes de paon, et toutes les
» substances quelconques sans distinction, exposées
» à une lumière rouge homogène, paraissaient toutes
» rouges, à la lumière bleue toutes bleues, à la
» verte toutes vertes, et de même des diverses autres
» couleurs, avec cette seule différence que les unes
» réfléchissaient telle lumière plus fortement, les
» autres plus faiblement. » — *Exp. 17.* Ainsi l'in-
digo brille plus dans la lumière violette, le péricot
dans la verte, et le cinabre davantage dans la lu-
mière rouge. — *Exp. 9.* Ainsi une feuille blanche
ou une carte, dans un cabinet ténébreux, prend la
teinte constante de la lumière homogène de laquelle
on l'approche, et si elle est placée à une distance
égale de toutes les couleurs du spectre solaire, elle
se montre blanche uniformément.

3. A ces observations diverses se peuvent ajouter encore, et la quinzième de l'expérience sur les verres objectifs de télescope (art. 91), et la cinquième sur le miroir (art. 98), où Newton éprouva que si

les rayons de l'une des sept lumières colorées étaient émis isolément de tous les autres sur la surface du cristaux, ils y faisaient paraître exclusivement des anneaux alternatifs de la couleur unique qui leur était propre. Tous ces faits ne démontrent-ils point dans une incontestable évidence que les sept rayons colorés que le philosophe anglais a nommés simples, et qu'il considérait comme primitifs, sont véritablement homogènes et incapables d'aucune altération ou décomposition possible? On peut former, il est vrai, comme Newton l'observe lui-même, à sa proposition quatrième, partie seconde de l'Optique, par la réunion de plusieurs lumières simples colorées, des couleurs absolument semblables en apparence à celles mêmes de quelqu'une de ces primitives lumières; mais elles ne seront point comme celles-ci tout inaltérables et de la même nature fixe et homogène : c'est ainsi que d'un mélange convenable des rayons simples des deux couleurs primitives du rouge et du jaune on compose une lumière mixte orangée, de même apparence et de même teinte que la lumière homogène de cette couleur, mais qui se divise et se résout, au contraire de celle-ci qui est immuable, en ses rayons simples et primitifs, par l'action réfractante qu'exercent sur elle les surfaces obliques du prisme.

116. *Que les rayons homogènes diffèrent entre*

eux de réfrangibilité. Lumen solis constat ex radiis diversè refrangibilibus ; sive lumina quæ colore differunt, ea itidem refrangibilitatis gradibus inter se differunt. — Prop. 6, cor. 1; prop. 7, cor. 2. (NEWTON, lib. 1, pars 1, prop. 1 et 2.)

1. *Pars 1, exp. 1.* Que l'on regarde par le prisme un papier dont l'une des moitiés est teinte en rouge et la seconde en bleu, la partie bleue sera plus élevée que la rouge si la réfraction se fait en haut, et plus abaissée au contraire si elle se fait vers en bas : c'est-à-dire, dans l'une et l'autre circonstance, que le bleu est plus réfrangé que le rouge. — *Exp. 2.* Et ce même papier étant placé devant une lentille, l'endroit où la couleur bleue sera le plus distincte à la vue se trouvera plus rapproché de la lentille que celui où la couleur rouge se distinguera le mieux : c'est-à-dire que le foyer de la lumière bleue est plus proche que n'est celui de la lumière rouge. — *Exp. 6.* Si l'on reçoit dans un second prisme chacun des rayons homogènes pris à part, les rayons les plus réfrangés par le premier prisme le seront plus aussi et dans la même proportion par le second. — *Exp. 7.* Un corps quelconque étant éclairé par deux rayons homogènes d'une couleur différente, paraît comme coupé ou séparé en deux lorsqu'on le regarde à travers le prisme. Soit, par exemple, un fil dont l'une des moitiés est illuminée par le rayon rouge : si l'autre moitié l'est semblablement

par le même rayon, les deux parties ne seront point séparées l'une de l'autre ; mais elles le seront un peu si la seconde moitié est orangée, davantage si elle est jaune, plus si elle est verte, plus encore si elle est bleue, ou si sa couleur est l'indigo ; et la séparation est la plus grande lorsque l'une des parties du fil est colorée des rayons de la lumière violette. Deux spectres solaires qu'on placerait directement sur la même ligne, étant réfractés de la sorte, ou regardés à travers un prisme, paraîtraient distans et écartés l'un de l'autre ; et la couleur bleue du second se trouverait portée plus haut que la couleur rouge du premier lorsque l'image serait élevée vers en haut par la réfraction, et plus bas lorsque le contraire aurait lieu : et si les deux spectres étaient appliqués l'un sur l'autre exactement, ils paraîtraient distincts et croisés, étant regardés par le troisième prisme. Il en serait de même de toute image colorée de deux rayons homogènes qu'on aurait portés l'un sur l'autre.

2. *Pars 2, exp. 11.* Lorsqu'on regarde le spectre solaire à travers un second prisme dont la réfraction soit inverse de la réfraction primitive qui l'a formé, c'est-à-dire qui abaisse l'image longue que le premier prisme a élevée, ou au contraire qui l'élève lorsqu'elle est abaissée, les couleurs, à une certaine distance, se confondent, l'image devient ronde et blanche ; et plus loin elles se développent de nouveau, mais dans un sens inverse, comme nous

l'avons observé des couleurs que les deux prismes qui se touchent font paraître autour du point de leur contact (art. 90, n. 1) : phénomène dont la naturelle cause, comme à cette expérience des deux prismes, est évidemment dans l'inégalité respective des réfractions, qui fait que quand l'image, par exemple, est abaissée, les rayons bleus, qui sont les plus réfrangibles, et tous les autres rayons progressivement, suivant la mesure de la réfrangibilité de chacun, tendant, par l'effet naturel de leur réfraction dans le prisme, à s'abaisser de la partie supérieure où ils étaient dépeints, vers l'inférieure, et s'avancer ainsi continuellement, comme la réfraction devient plus forte, du côté des rayons de la couleur rouge qui termine cette partie, ils doivent tous se rapprocher ainsi de plus en plus, à mesure que la divergence que la réfraction occasionne est augmentée par l'éloignement, jusqu'à ce qu'enfin ils se joignent et se réunissent mutuellement dans un même point, et de leur réunion recombosent la lumière blanche primitive; et leur divergence croissant toujours par l'accroissement des distances, la réfraction du second prisme s'augmentera jusqu'à surpasser tellement celle du premier, que les rayons se devront bientôt développer par une nouvelle image, mais sur l'autre côté et dans un sens inverse.

3. *Part. 1, exp. 8.* Si l'on éclaire un livre des rayons simples de la lumière du jour décomposée,

et que l'on place devant ce livre ainsi éclairé dans une chambre obscure un verre lenticulaire ou grossissant, l'endroit où les caractères de l'impression seront le plus lisibles dans la lumière bleue se trouvera sensiblement plus rapproché de ce verre que le point où ils deviendront le plus distincts dans la lumière rouge. — *Exp.* 16. Et cette expérience, répétée avec une attention minutieuse, a fait connaître que le foyer où doivent se réunir les rayons verts ou médiocrement réfrangés qui occupent dans la décomposition du prisme le milieu de l'image, étant calculé à la distance de soixante-treize pouces des caractères du livre, celui des rayons rouges, qui sont les moins réfractés, en sera éloigné de soixante-quinze pouces et deux tiers, tandis que celui des rayons violets le sera seulement de soixante-dix pouces et un tiers; c'est-à-dire que les rayons violets sont les plus infléchis, les verts médiocrement, et que les rayons rouges sont de tous les rayons du prisme les moins écartés par son action. — *Exp.* 15; et *pars* 2, *exp.* 7. Newton calcula d'ailleurs géométriquement, et par des épreuves plusieurs fois répétées, et qui s'accordaient toutes, à son expérience quinzième de cette même partie et à la septième de la seconde, que le sinus de l'incidence des rayons est au sinus de leur réfraction hors du prisme, pour chacune des sept lumières simples respectivement, en commençant par la rouge, ou

la moins réfrangible de toutes, comme 50 est à 77, $77\frac{1}{2}$, $77\frac{1}{3}$, $77\frac{1}{2}$, $77\frac{1}{3}$, $77\frac{1}{2}$ et 78, qui sont les points respectifs de division suivant lesquels AX (figure douzième) est partagé; et ce rapport des réfractions des sept lumières simples, ou les intervalles réciproques de chacune d'elles sur l'image solaire décomposée, étaient entre eux précisément comme les différences des cordes qui sonnent dans l'octave les sept tons de la musique : *proportionales tonis septem musicis sive intervallis sonorum octo illorum in octava, sol, la, fa, sol, la, mi, fa, sol.* (Opt., lib. 1, pars 2, prop. 6.)

117. *Que les rayons homogènes diffèrent entre eux de réflexibilité, selon la proportion de leur réfrangibilité différente.* Lumen solis constat ex radiis qui reflexibilitate inter se differunt. — Prop. 6, cor. 2. (NEWTON, lib. 1, pars 1, prop. 3.)

1. *Pars 2, exp. 9.* Lorsqu'un rayon lumineux est conduit dans un cabinet obscur sur un prisme, outre la partie qui est transmise par le prisme, et dont la décomposition produit sur la surface de la muraille le spectre solaire, une autre partie plus faible en est toujours réfléchie : que l'on réfrange celle-ci par un second prisme dont la réfraction aille dépeindre sur une feuille blanche une seconde image colorée, si l'on fait tourner le premier prisme sur son axe, jusqu'à ce que toute la lumière qui lui

arrive soit successivement réfléchié, on remarquera que les couleurs du bleu et du violet disparaissent toujours les premières de l'image colorée de ce même prisme, et que le violet et le bleu de la seconde image en deviennent aussi à proportion d'autant plus vifs et plus intenses. Il en est de même graduellement des autres lumières colorées : chacune est réfléchié précisément selon l'ordre de sa réfrangibilité respective, et la seconde image des couleurs, que vient former en se réfractant cette portion de la lumière qui se réfléchit à la surface inférieure du premier prisme, en devient chaque fois plus brillante dans une semblable proportion. — *Exp. 10.* De même lorsqu'on reçoit à une incidence perpendiculaire un faisceau de rayons sur un parallélépipède qu'on a formé de deux prismes bien appliqués l'un sur l'autre, la plus grande partie en est transmise sans changer de nature ni de direction, et une partie plus faible en est réfléchié constamment à la jonction même des deux prismes : si maintenant l'on réfracte ces deux parties de lumière séparément par le moyen de deux autres prismes, et que l'on tourne sur son axe le parallélépipède jusqu'à ce que tout le rayon qui est transmis se réfléchisse peu à peu entièrement, on fait cette remarque sur chacune d'elles, qu'à mesure que les couleurs disparaissent sur la première image colorée pour se répercuter sur la seconde, résultat de la décomposition

de la portion de lumière qui est réfléchi, le rayon transmis du parallélépipède vers le troisième prisme, avant que d'entrer dans ce même verre et d'en avoir subi la réfraction, change aussi de couleur progressivement en une manière remarquable; car d'abord il devient jaunâtre, quand la lumière violette est tout entière réfléchi, orangé, lorsqu'une partie de la lumière verte et toute la bleue ont passé sur la seconde image, et enfin il ne conserve plus que la couleur rouge homogène, lorsque le verre ne transmet sur la première image colorée que les moins réfrangibles des rayons qui sont distingués par cette couleur.

2. *Ibid.*, exp. 16. Que l'on place un prisme au grand jour horizontalement, et que l'on regarde les nues dans son crystal par ceux de leurs rayons qui, entrant par l'une des trois surfaces de ce prisme, sont réfléchis par sa base vers la surface opposée, lorsque l'œil et le prisme seront placés dans une situation convenable pour que les angles de l'incidence et de la réflexion de la lumière sur la base inférieure du crystal comprennent chacun environ quarante degrés, cette mesure étant celle de la réflexion la moins oblique des rayons qui sont les plus réfractés dans le verre (art. 64), on verra dans toute la longueur du prisme un arc bleu dont la partie concave sera dirigée naturellement vers le côté de l'observateur même; parce qu'au-delà de

cet arc, dit Newton, une grande partie des rayons de toutes les couleurs étant réfléchis par l'obliquité considérable de leur incidence, la lumière blanche doit résulter de leur confusion générale; que de l'autre part au contraire, où l'obliquité est moindre, ils sont transmis tous généralement à travers le prisme; tandis que les rayons bleus, qui, de tous les rayons primitifs, sont les plus faciles à infléchir (art. 67), étant ceux qui se réfléchissent à l'obliquité moindre de l'incidence, sont encore répercutés sur la base en assez grand nombre, lorsque tous les autres y ont été transmis abondamment, et affectant ainsi presque seuls l'organe de la vue en cet endroit, ils y doivent faire voir, comme on le vient de dire, l'apparence très distincte d'un arc bleu. Cette expérience n'est, du reste, comme le huitième article l'a montré, qu'une répétition pure et simple de la première que le précédent paragraphe a fait connaître, avec cette seule distinction néanmoins, que la lumière qui est soumise ici à la réfraction du prisme est la clarté même qui se réfléchit des nues selon le sens le plus direct. Et pour ce qui est encore du troisième et dernier exemple de réflexibilité inégale entre les sept rayons homogènes, que Newton cite à l'objection troisième de sa huitième proposition du livre second, il n'a en effet d'autre fondement, ainsi que je l'ai dit à cet article cité, que ces expériences mêmes qu'on vient de lire.

Expérience du cheveu. Opt., liv. 3.

118. Déjà, au quatorzième article de la section première de ce traité, on a fait voir que si un rayon très atténué de la lumière solaire, introduit dans un endroit clos assez sombre par une étroite ouverture qu'on aurait faite dans une lame de plomb avec la pointe d'une aiguille (la largeur de cette ouverture étant, selon Newton, d'une quarante-deuxième partie de la mesure du pouce), vient à se briser dans cette chambre sur un cheveu, il en est rompu et partagé, et que le cheveu, par la séparation du rayon, fait projeter derrière lui une ombre fort large, qui s'accroît toujours graduellement par l'éloignement. Et nous avons montré à l'article qui a suivi celui-ci, comment cette inflexion de la lumière devait procéder naturellement de l'action réciproque des rayons qui avaient éprouvé la répercussion directe du cheveu, sur ceux de cette même lumière qui se propageaient sans en recevoir aucun choc à quelque intervalle de ce corps, action inflectissante, si petite qu'elle soit, qui, suivant la remarque qui en a été faite au cent onzième article, devait se rendre sensible et assez distincte à la vue dans cette lumière faible et très divisée. Mais il convient, avant de rapporter brièvement les autres circonstances de ce singulier phénomène, d'examiner d'abord la nature et les propriétés distinctives de cette lumière atténuée.

Toutes les parties de la lumière, par l'action mutuelle et très forte qu'elles exercent intimement les unes sur les autres, étant constituées de telle sorte, suivant les articles *soixante-huitième* et *soixante-dixième* de cette Analyse, qu'un rayon jaune se doit toujours mouvoir de nécessité entre les rayons des deux couleurs opposées du violet et du rouge, comme la figure treizième le représente, chacun des rayons isolés de la lumière du jour qui nous éclaire se doit concevoir primitivement comme essentiellement composé des parties distinctes de chacune des sept couleurs simples du prisme, dont la réunion et l'assemblage forment en effet le rayon de la lumière blanche du soleil (art. 113); et si l'on comprend que cette lumière ainsi composée soit très atténuée ou affaiblie, elle devra se trouver sans contredit comme partagée régulièrement en de petits groupes bien distincts de toutes les couleurs primitives, lesquels seront séparés les uns des autres par des intervalles bien réels et assez marqués. La preuve assurée et incontestable qu'il en est ainsi véritablement, se déduit par une conséquence immédiate de la décomposition naturelle de la lumière solaire, soit par l'inégalité des accès dans les sept rayons homogènes, où l'on éprouve (art. 82) qu'à chaque petit faisceau lumineux se manifestent, selon les épaisseurs diverses du milieu, les rayons de chacune des sept couleurs simples, soit enfin par

l'inégalité des réfractions de ces mêmes rayons homogènes, c'est-à-dire par la décomposition apparente qu'en effectue le prisme, où l'on voit, selon l'expérience de Newton que l'article *vingt-deuxième* du premier livre a analysée, qu'il s'échappe également et se dégage, de chacun des points de la surface du prisme qui décompose, des rayons colorés de chacune des sept couleurs primitives.

La lumière qui parvient sur le cheveu, à un intervalle de douze pieds environ de l'étroite ouverture d'où elle sort, est cette lumière blanche très atténuée. Car ses rayons, dont les extrêmes bords se viennent rompre sur cette ouverture qui les reçoit, divergeant toujours graduellement et s'écartant de plus en plus les uns des autres, comme la distance s'accroît du point commun d'où ils sont émis, à l'intervalle de douze pieds, où le cheveu se place, doivent être déjà assez écartés et affaiblis, par cette division croissante qu'ils subissent, pour produire tous les phénomènes d'inflexion que cette expérience nous présente, et pas assez faibles cependant pour que leurs apparences effacées ne se puissent discerner aisément.

119. La nature particulière de cette subtile lumière blanche étant de la sorte bien connue, il ne nous reste qu'à faire remarquer que, comme les motions de la lumière se composent de deux mouvemens alternatifs différens (art. 39), et dont l'un est

toujours plus incliné que n'est l'autre sur un plan quelconque qui soit oblique à la direction totale du rayon, tel, par exemple, que la surface CD (fig. septième), il y aura toujours, encore que l'inflexion générale se fasse à l'opposé directement du centre même du cheveu, d'où se communique l'impulsion qui fait détourner la lumière, plusieurs parties lumineuses qui, recevant dans une alternative moins oblique de leur motion progressive le choc contraire des autres parties que cette impulsion a détournées, comme le *quinzième* article l'a fait voir, se devront aussi éloigner moins de la sphère centrale de la répulsion de ce corps. Ainsi, la séparation des rayons simples se devant accomplir de nécessité, par le second corollaire de la proposition septième de ce livre, toutes les fois que le faisceau lumineux a subi dans sa course directe une déviation quelconque, il s'ensuit de là que la lumière détournée, dans cette expérience, de sa direction primitive par l'impulsion déterminante de ceux de ses rayons que le cheveu repousse, devra par conséquent éprouver dans ses parties homogènes une décomposition effective; et quoique, par les principes mêmes de la motion d'où ce phénomène a sa cause, et que nous avons développés au *soixante-dixième* article de notre Analyse, il n'y ait point lieu de douter que cette décomposition, comme on l'éprouve de la réfraction du prisme, ne se doive faire dans sa principale force

en le sens même de l'inflexion générale, c'est-à-dire à l'opposé précisément du corps moteur dont la résistance la décide, l'apparence néanmoins de cette décomposition principale, trop faible et trop languissante de beaucoup, nous échappant au milieu de la clarté trop vive de la lumière blanche peu ou point infléchie où elle se va perdre, nous ne pouvons discerner assez distinctement que les couleurs de la décomposition accessoire qui s'opère dans le sens même du cheveu et aux extrémités de son ombre, par l'inflexion inverse de ces rayons que nous venons de voir, à cause de la nature de leurs accès, moins détournés que tous les autres. C'est-à-dire, pour nous résumer en peu de mots, que la décomposition de la lumière, par une conséquence de l'inflexion de ses rayons et dans les principes du second corollaire de cette proposition septième (art. 110), s'accomplit réellement, il est vrai, des deux côtés opposés par ses deux mouvemens contraires alternatifs, quoique plus abondamment, à beaucoup près, de celui de ces différens côtés où l'inflexion générale plie la lumière; mais qu'il n'y a cependant que sur le côté seul où la clarté est assez faible, que ce phénomène, par les notions du cent onzième article du corollaire cité, puisse devenir distinct et assez sensible à la vue : ce que les observations suivantes de Newton devront clairement démontrer.

120. *Obs. 2.* Les ombres de tous les corps, tels que les pierres, le bois, la corne, le verre, les métaux, la glace, et toute autre substance, quelle qu'elle soit, qui serait placée dans cette même lumière atténuée, sont accompagnées, comme celle du cheveu, de trois franges ou bordures colorées, dont la première ou la plus proche de l'ombre, qui est aussi la plus vive, offre d'abord le violet et le bleu foncé à l'extrémité la plus obscure, le vert et l'orangé ensuite, et le rouge extérieurement; et les deux autres franges, qui sont très faibles, en particulier la troisième, ne présentent chacune que les trois couleurs principales du bleu, du jaune et du rouge. Ces bordures cependant ne sont pas toujours invariablement de ce même nombre de trois : car nous apprenons de Newton, à sa septième observation de cette partie, qu'à l'expérience des deux lames de couteau il a pu quelquefois en distinguer le faible indice d'une quatrième; et si l'on expose dans cette même clarté divisée un morceau de crystal un peu épais, tel que ceux dont on fait usage pour les miroirs, dont on aura coupé en forme de prisme l'un des bords par une section très oblique, l'extrémité de la lumière qui passera par les surfaces de ce verre qui sont parallèles, se trouvant croisée par les rayons que la partie oblique du miroir a réfractés, se devra infléchir et décomposer inmanquablement par l'effet des impulsions inégales qu'elle

en reçoit, et de la sorte se pourront former quelquefois dans cette lumière jusqu'à quatre ou même cinq franges successives qui la borderont. Il est à remarquer que les couleurs des séries de ces franges sont disposées à l'inverse précisément de celles qui se devraient dépeindre en effet, comme sur l'image de la décomposition dans le prisme, par la réfraction ordinaire de la partie oblique du miroir; et que cette véritable image colorée que la réfraction de ce verre devrait produire, perdue et comme absorbée réellement dans la quantité supérieure de la lumière blanche qui traverse sans aucune inflexion par les deux surfaces parallèles, demeure cachée à la vue et inapparente : ce qui confirme les principes que le précédent article a établis. Ces mêmes iris de couleurs s'observent encore quand on regarde le soleil à travers les barbes d'une plume ou le fin duvet d'un chapeau, qui infléchissent, écartent et séparent les uns des autres ses rayons; et j'ai cru plusieurs fois en apercevoir quelques traces dans la faible clarté qui s'échappait à travers le feuillage des arbres.

L'origine de ces diverses bordures des couleurs simples, qui paraissent sur les extrémités des ombres comme autant de décompositions lumineuses fort petites, ne me semble pas devoir s'attribuer dans le vrai à aucune autre cause qu'à la décomposition naturelle de ces petits groupes distincts de

rayons de toutes les couleurs primitives qui composent, comme nous venons de le dire (art. 118), chacun des rayons partiels de cette lumière blanche très divisée; et une preuve assez convainquante que l'on en puisse fournir, c'est que de semblables phénomènes ne s'observent que dans cette même lumière. Le sentiment que Newton émet, à sa question troisième, sur l'origine de ces singulières bordures colorées, semblerait annoncer que cet auteur avait déjà quelque confuse idée du mouvement alternatif et interrompu que suit la lumière dans sa course; mais il ne concevait ce mouvement mixte qu'au passage seulement des rayons lumineux auprès des corps, qui selon lui les attiraient. « Les » rayons de la lumière, dit-il, à leur passage près » des extrémités des divers corps, ne s'infléchissent-ils pas souvent çà et là par un certain mouvement sinueux et ondulé, comme est celui des » anguilles? *Annon radii inflectuntur sæpius ultrò citroque, motu quodam undante ac sinuoso, instar anguillæ.* Et les trois franges de la lumière colorée ne proviennent-elles pas de trois semblables inflexions de cette lumière? »

2. Obs. 3. L'observation troisième de cet habile géomètre donne un tableau précis de l'écartement graduel de ces franges et de leurs distances respectives, ainsi que la mesure de la largeur des ombres, à l'intervalle de sept pieds et demi du cheveu.

— *Obs.* 4. C'est à l'éloignement d'un quart de pouce de ce corps que la première frange irisée commença d'abord à paraître, la seconde à un demi-pouce d'intervalle, la troisième à trois pouces; et Newton calcula que leurs largeurs et leurs distances réciproques étaient approchant dans la progression continue des nombres arithmétiques 1, $\sqrt{\frac{1}{2}}$, $\sqrt{\frac{1}{3}}$, $\sqrt{\frac{1}{4}}$, $\sqrt{\frac{1}{5}}$. — *Obs.* 11. Lorsque le rayon qu'on fait servir à cette expérience est homogène, les ombres de tous les corps qui sont placés dans la direction de sa lumière n'ont leurs bordures régulièrement que de la seule et unique couleur qui est particulière à ce rayon; et l'ombre projetée du cheveu est plus grande dans la lumière rouge que dans la jaune, et dans celle-ci que dans la bleue: ce qui s'accorde avec ce qu'on a vu tout à l'heure à l'observation seconde, que la lumière violette est la plus rapprochée ou la plus intérieure à chaque bordure. Car jouissant d'une subtilité bien plus grande que toutes les autres lumières, la clarté bleue, selon les principes du *soixante-dixième* article de l'Analyse, se devait infléchir nécessairement avec plus de facilité, et partant se détourner davantage vers le sens où l'inflexion se faisait, c'est-à-dire (art. 119) dans l'ombre obscure du cheveu, que ne s'y portaient la lumière rouge et les diverses autres lumières qui, plus massives, avaient dû aussi s'écarter moins, selon les degrés de leur inflexion différente, de la

forte masse des rayons non décomposés qui terminaient de leur égale blancheur toutes les franges. Les rayons rouges, pour la même raison, comme les plus rapprochés de ce grand faisceau lumineux, faisaient paraître aussi les bordures dont la clarté était la plus vive; et les violets, comme les plus éloignés, formaient au contraire celles de la plus obscure teinte. Et il n'y avait d'ailleurs dans toutes ces inflexions, comme aux expériences multipliées que le *cent quinzième* article rapporte, nul changement effectif que l'on pût voir de la couleur homogène d'aucune des différentes lumières simples: *nihil interim omnino immutato luminis ullum genus colore.*

Expérience des lames de couteau. Opt., ibid.

121. *Obs. 5.* Un rayon de lumière qui parvenait dans l'obscurité de la chambre close par une ouverture d'un quart de ponce en largeur, étant reçu par le trou carré et trois fois plus large d'un carton noirci des deux côtés et recouvert de poix, perpendiculairement sur une lame de couteau agglutinée au carton dans un sens parallèle et auprès du trou, la lumière fut détournée en effleurant cette lame, et produisit de chacun des côtés du rayon direct du soleil, par l'inflexion de ses parties qui venaient heurter le couteau en différens accès de leur mouvement, comme le *cent dix-neuvième* article l'a ex-

pliqué, deux jets ou radiations lumineuses, de l'apparence de deux queues de comète, qui pouvaient avoir de l'extrémité de l'une à celle de l'autre, à la distance environ de trois pieds du point de l'inflexion, six ou huit pouces. Ainsi, à cette observation cinquième, comme à la seconde, le mouvement double et alternatif de la lumière (art. 39) se manifeste d'une manière sensible et bien distincte, par l'inflexion redoublée de ses rayons dans la répercussion du cheveu et sur le tranchant du couteau; mais cette fois, à cause, remarque Newton à son observation septième, de l'abondance trop forte de la lumière, il ne parut pas auprès de l'ombre l'apparence des premières bordures colorées; ce qui est d'accord effectivement avec les notions que nous ayons déduites en général au cent onzième article de ce livre.

2. *Obs. 6.* Si l'on présente à l'entrée du trou une seconde lame opposée à la première et sur un plan parallèle, et qu'on l'avance progressivement vers celle-ci, lorsque les deux lames ne seront plus distantes l'une de l'autre que d'environ une huit-centième partie du pouce, la lumière répercutée par chacune, et qui forme à chaque extrémité du rayon deux radiations remarquables, se partagera tout-à-fait, laissant une ombre épaisse dans le milieu; et l'on reconnaît (art. 15) que l'inflexion est plus forte dans les rayons qui approchent les lames

de plus près, « puisqu'e, quand les couteaux sont de » plus en plus rapprochés, jusqu'à ce qu'ils viennent » à se toucher entièrement, les radiations lumineuses » les plus éloignées du rayon direct de la lumière » sont toujours celles qui, par l'accroissement de » l'ombre dans le milieu, s'évanouissent enfin les » dernières à l'extinction totale du rayon. » *Eæsemper radiationum partes evanescunt postremæ, quæ fuerunt à directo lumine maxime remotæ.*

Obs. 7. On commençait à apercevoir, de chaque côté du rayon direct du soleil et aux extrémités des radiations, un peu avant que l'ombre qui les sépare ne se manifestât entre elles, les trois bordures colorées dont il est fait mention à l'observation seconde sur le cheveu. (Art. 120.) Elles étaient d'autant plus distinctes, par le *quinzième* et le *cent onzième* article, que la lumière transmise était plus atténuée, c'est-à-dire que l'ouverture par laquelle elle pénétrait dans la chambre était plus étroite, ou que les lames (art. 118) en étaient réciproquement plus éloignées : et elles le devenaient progressivement de plus en plus, en s'amplifiant sans cesse davantage, à mesure que ces mêmes lames étaient plus rapprochées l'une de l'autre ; jusqu'à ce que bientôt elles s'évanouirent, la plus extérieure d'abord (ou la moins écartée du rayon direct, laquelle était la plus distante de l'extrémité de l'ombre), et en dernier lieu la plus intérieure, qui était aussi la plus

vive, lorsqu'elle se fut dilatée successivement jusqu'à se perdre enfin tout-à-fait dans l'obscurité de cette ombre. Son amplification alors était si grande, que, sur le point de s'évanouir, sa lumière, dit Newton, paraissait au-delà de vingt fois plus infléchie que lorsqu'on écartait l'une des lames; c'est-à-dire que l'inflexion est proportionnelle constamment à la médiocrité des distances des corps solides entre lesquels elle se fait : ce qui est effectivement le principe que le troisième point de la proposition première de ce Traité a établi, au seizième article du premier livre. Et lorsque toutes ces franges, par leur dilatation trop forte et l'abondance de la lumière qui se portait sur les extrémités, se furent complètement effacées, et qu'elles eurent cessé tout-à-fait d'être distinctes, quand l'étendue lumineuse était fort large entre les deux radiations, alors parut dans le milieu l'ombre que nous avons dit qui les séparait également, et elle s'augmenta toujours par degrés, jusqu'à ce que l'entière masse de la lumière fût interceptée par le contact immédiat des couteaux. Cette ombre bien remarquable a évidemment son origine dans l'extrême force de l'inflexion que la lumière subit sur les tranchans des deux lames, et qui est telle, que les rayons répercutés par chacune ne peuvent être, par leurs impulsions mutuelles dans les points où ils se rencontrent et se heurtent, assez dérangés de cette direction que le choc des lames

leur imprime, pour qu'ils ne doivent, se croisant mutuellement, continuer de se mouvoir encore dans le sens de cette répercussion qu'ils ont subie, et laisser de la sorte entre leurs deux faisceaux un espace entièrement vide de lumière.

3. *Obs. 8.* Newton ayant reçu ensuite, par une ouverture d'une quarante-deuxième partie de la mesure du pouce, et à l'intervalle de dix ou de quinze pieds, dans la même chambre obscure, un petit faisceau de rayons entre deux lames de couteau bien affilées, qui étaient distantes à leurs tranchans d'un huitième de pouce, et si inclinées l'une contre l'autre, qu'elles auraient compris à la jonction de leurs plans, et en supposant qu'elles se rencontrassent, un angle très aigu de moins que deux degrés d'ouverture, remarqua que les franges ou bordures colorées reçues sur une règle blanche très oblique, à un pouce seulement des couteaux, s'étendaient en des lignes parallèles aux extrémités des ombres que projetaient les deux lames, sans aucune dilatation sensible de leur largeur, et se réunissaient sans se croiser en des angles égaux à celui que formaient ensemble les plans de ces lames; et qu'à une distance beaucoup plus grande, si on les reçoit sur la règle, on les voit quelque peu se dilater en approchant du point de leur jonction, s'y croiser sous la forme de courbes, et devenir alors beaucoup plus larges : et il conclut de cette observation, rap-

prochée des deux précédentes, que les distances où s'infléchissent près des couteaux les rayons dont la décomposition forme ces franges ne changent point par le rapprochement des lames l'une vers l'autre, quoique l'angle de leur inflexion s'augmente : *distantias quibus fimbriæ præter cultrorum acies transeunt, non augeri vel immutari appropinquatione mutui cultrorum inter se.* Et en effet, les intervalles réciproques des petits groupes distincts qui composent, par le cent dix-huitième article, cette lumière blanche très divisée que le choc des lames infléchit, et qui, rompus diversement par ce choc, ont formé en se décomposant ces différentes franges de couleur, sont indépendans tout-à-fait des positions diverses qu'observent ces lames.

Obs. 9 Il inféra en outre de ses calculs, à l'observation suivante, que la lumière qui produit ces franges sur la règle n'est pas la même à toutes les distances où l'on place celle-ci des couteaux ; mais que les couleurs qui s'y dépeignent quand elle en est le plus proche proviennent des rayons qui, portés le plus près de ces lames, sont aussi les plus infléchis par l'impulsion directrice qu'ils en reçoivent, comme nous l'avons fait voir par le quinzième article du premier livre, et dans la sixième de ces observations sur le couteau : c'est-à-dire que chaque nouvelle distance plus éloignée faisant paraître sur la règle une bordure nouvelle, ou qui est pro-

duite par de nouveaux rayons, sans qu'il demeure aucune trace des premières, quoiqu'il semble qu'après être jointes et réunies, elles devaient se croiser naturellement comme leur inflexion les y portait, il faut reconnaître que les rayons dont s'étaient formées ces premières bordures, selon les principes de l'article *quinzième* précité, ont dû se confondre en très grande partie et se perdre parmi tous les autres dans une commune direction.

Obs. 10. Enfin Newton entreprit, dans sa dixième observation, de démontrer, par l'exactitude rigoureuse de la géométrie, que les trois bordures colorées, lorsqu'à la distance de plusieurs pieds des couteaux elles se croisent l'une l'autre en se réunissant, décrivaient en partant de ce point de leur jonction, de chacun des côtés de la direction rectiligne du rayon, de véritables courbes régulières, très peu éloignées des hyperboles coniques, lesquelles laissaient entre elles dans le milieu, comme Newton l'a dépeint à la dernière figure de son Optique, un espace obscurci et dépourvu à peu près de toute lumière : phénomène qui ne me paraît pas d'un autre genre que l'ombre que l'observation septième nous a fait voir dans une lumière divisée par la répercussion contraire de deux couteaux opposés l'un à l'autre sur le même plan, quand les chocs mutuels des rayons de cette lumière divisée ne sont plus capables de retenir et d'empêcher, par

leur opposition, cet effet naturel de leur inflexion primitive. C'est-à-dire que, dans l'expérience qui nous occupe, les rayons les plus infléchis par le choc impulsif des deux lames, retenus d'abord par la supériorité de l'impulsion de tous les autres rayons, bien plus nombreux, qui passaient entre ces mêmes lames sans inflexion ou avec une inflexion moindre, et dont le torrent les arrêtait, lorsque leur nombre à une certaine distance se fut accru de celui des différens rayons beaucoup ou faiblement infléchis qui les joignaient, ont dû rompre et surmonter par leur commune masse réunie la force première qui les avait d'abord retenus, et suivre alors naturellement la tendance directe de leur inflexion qui les devait faire croiser; ou du moins il faut reconnaître réellement que ces rayons, qui, au commencement trop débiles, furent recouverts et comme obscurcis par la clarté supérieure des faisceaux non décomposés qui se précipitaient entre les lames, ont dû reparaitre ensuite distinctement et se montrer dégagés dans toutes les inflexions de leurs couleurs, lorsque ces faisceaux, à quelque distance, se furent infléchis en effet et décomposés par la diversité des chocs qu'ils éprouvaient de tous les rayons détournés par la répulsion des deux lames, et qu'entraînés eux-mêmes par ces chocs, ils eurent été se joindre peu à peu, et par des degrés successifs, à la commune masse de ces mêmes rayons

infléchis : et comme de tant de rayons diversement détournés à de divers points du tranchant de ces lames, la masse de cette lumière décomposée recevait des impulsions très diverses, elle a dû décrire par cette diversité d'impulsions, réglées cependant et uniformes, les courbes régulières dont parle Newton. Car il faut concevoir que de tous ces rayons diversement renvoyés par les deux lames, il y en a plusieurs très certainement, quoique peut-être en assez faible nombre, qui, à cause de leur subtilité extrême, ne rencontrant dans leur course aucun des autres, ont dû suivre la direction première que cette répercussion des lames leur avait imprimée ; et que ces rayons ainsi détournés ont pu communiquer ensuite l'impulsion à laquelle nous attribuons la courbure des dernières franges des couleurs. En effet, s'il ne pouvait s'échapper par leur subtilité très grande, à travers tous les faisceaux lumineux, de tels rayons, non-seulement il est manifeste qu'on ne pourrait voir les lames distinctement, comme on les voit, de tous les points du cabinet obscur, mais, ce qui est d'une conséquence bien plus forte et plus importante dans ses suites, il ne serait point possible que nous pussions même distinguer aucun objet au milieu des faisceaux si rapides et si abondans de la clarté du jour, qui se croisent partout en tous les sens.

Il est donc certain et bien incontestable, quoique

les rayons se doivent indubitablement heurter en se croisant, comme tous les corps se heurtent, *qu'il y en a toujours*, et même en quantité assez grande, *qui, par la subtilité extrême de cette étonnante matière, se traversent dans toutes les directions sans se choquer, et conservent leur impulsion primitive.* C'est donc à tort, sans doute, que le savant Euler, se prévalant de cette difficulté apparente du croisement continu des rayons (et ce n'en est point une, je le répète, pour quiconque veut considérer attentivement ce que c'est que la subtilité de la lumière), avait cru de là pouvoir établir sur d'inébranlables bases la supériorité de son spécieux système, où il attribue tout le phénomène de la production de la lumière à un mouvement de vibration qui serait propagé, de la même sorte que se communique le son, par un fluide très subtil; puisque dès-lors qu'il est une fois accordé que la propagation de la lumière consiste dans le mouvement réel d'un subtil corps, quel que ce corps puisse être, il demeure constant que des corps qui ont des mouvemens de directions différentes et opposées se peuvent rencontrer et choquer les uns les autres: et la difficulté ainsi demeurerait tout entière dans ce système, qui d'ailleurs, pour le dire nettement, n'explique enfin aucune des apparences lumineuses des expériences de Newton les plus remarquables, et celles en particulier dont nous venons ici d'entreprendre

l'analyse. EULER. *Nov. th.* § XIX. (*Ph. Nat.*, intr. art. 29.)

Des couleurs accidentelles. BUFFON, *Mém.* VII^e.

122. Outre les phénomènes des couleurs naturelles dont Newton a traité dans son Optique, il en est d'autres qui s'y rattachent encore d'une manière indirecte, et que Buffon, qui les a le premier observés après le docteur Jurin avec quelque exactitude, a nommés les couleurs accidentelles des corps : elles se rapportent toutes communément à ce principe général de la théorie des couleurs, établi d'après les neuvième et vingtième observations de Newton sur les bulles et sur les deux verres de telescope (art. 91 et 93), principe que le quatrième corollaire de la proposition sixième a expliqué d'après les lois reconnues de l'analyse et des petits mouvemens lumineux (art. 82), que si nous ne voyons dans les corps qu'une partie seulement des couleurs des rayons simples du jour, *c'est en effet que les rayons des diverses autres couleurs n'y sont pas réfléchis sensiblement.*

Cet observateur remarqua donc que lorsque la vue avait été lassée un certain temps, en fixant avec une attention continue le même objet, si on la portait aussitôt quelque autre part, on y voyait durant quelques instans la forme précise de ce même

objet, revêtue des couleurs opposées ou complémentaires de sa couleur naturelle; j'entends les couleurs des diverses lumières simples qu'il faudrait ajouter à la sienne propre pour en composer la blancheur de la clarté primitive du jour : de manière que si la couleur de l'objet était jaune, on voyait alors sur une surface blanche la couleur bleue; si elle était rouge, c'était la couleur verte, et si elle était bleue, le rouge orangé. Et il remarqua que ces apparences colorées étaient plus durables, ou persistaient plus long-temps, selon que la couleur qui les avait produites était plus vive; ainsi l'impression bleue, occasionée par le jaune pur, persistait plus que l'impression verte, qui vient du rouge naturel, et celle-ci plus que l'apparence orangée, que le bleu fait naître (art. 109). L'origine de ce singulier phénomène est dans l'éblouissement que cause à la vue l'agitation trop prolongée du nerf optique par une lumière vive; et l'obscurcissement qui en résulte est toujours proportionné nécessairement à la violence de cette lumière trop forte qui l'a causé : il est total si la lumière est blanche, et doit engendrer les ténèbres, qui sont l'absence absolue de tous les rayons; si elle est jaune, l'éblouissement est moins complet, et la vue peut supporter encore les rayons bleus; et elle supportera les verts, qui sont plus vifs que ceux-ci, si la lumière, moins forte, n'a produit que la sensation modérée du rouge.

123. On éprouve ceci, en plaçant sur la surface d'un fond blanc plusieurs morceaux de papier ou d'étoffe d'une couleur différente, qu'on regarde fixement durant quelques minutes, après lesquelles en détournant la vue aussitôt sur toute autre partie du même fond, chacun de ces morceaux différens y dépeint, selon sa couleur, les empreintes dont nous venons de parler : le vert y produit le pourpre, et le noir une empreinte d'une blancheur plus éclatante que n'est la blancheur même du fond. Et si l'on fixe attentivement une tache blanche sur une surface obscure, on la voit se décolorer sensiblement, et en portant la vue alors sur un autre endroit de la surface, il s'y dépeint comme l'apparence d'une autre tache semblable, mais d'un noir plus vif et plus foncé que n'est celui du fond même où elle se montre. Buffon assure que l'un de ses amis, ayant un jour regardé par une étroite ouverture une éclipse de soleil, avait porté pendant plus de trois semaines la forme éclatante de cet astre sur tous les objets; que lorsque ses yeux se fixaient « sur du » jaune brillant, comme sur une bordure dorée, il » voyait une tache pourpre, et sur du bleu, comme » sur un toit d'ardoises, il voyait une tache verte : » l'image orangée du soleil qu'il portait dans ses yeux étant comme un fond avec lequel se mélangeaient les couleurs des objets divers où il arrêtait sa vue; ainsi le bleu s'y décolorait en vert, et la couleur de

l'or s'y fonçait d'un pourpre plus vif et d'un plus brillant éclat. Et de même, si la couleur bleue accidentelle que le jaune naturel produit tombait sur un fond jaune, le mélange des rayons colorés qui se réfléchissaient de ce fond lui faisait contracter une teinte verte. De telles mutations régulières se rencontraient dans les autres couleurs du même genre que l'on a nommées *accidentelles*.

A ces observations du naturaliste français, le père Shæffer, dans un traité allemand sur ces phénomènes colorés, en ajoute encore plusieurs autres, qui ne présentent toutes généralement que des effets divers de la même cause que nous avons déjà indiquée. Il observe, par exemple, que le bord d'un petit carré blanc qu'il avait placé sur la surface d'une carte bleue se colorait de jaune lorsqu'il le fixait quelques instans, dont la raison manifeste est que cette couleur est l'accidentelle que le bleu naturel doit produire; et c'est encore pour une semblable raison que le même carré devenait vert à ses extrémités s'il était posé sur un fond d'une couleur rouge, et rougeâtre si on le plaçait sur un fond vert. Ce physicien fit aussi la remarque que toutes les fois qu'on a considéré un espace de temps assez long ces mêmes taches d'une diverse teinte, leurs couleurs accidentelles se voient même dans l'obscurité et en fermant les yeux à la lumière : mais ce n'est alors qu'un pur effet de l'ébranlement continu

du nerf optique, qui, pour retourner à son état habituel et perdre l'agitation qu'il a acquise, doit passer par des vibrations successives aux différens tons des autres couleurs. Ce même effet de la contrainte où le nerf optique a été tenu arrive encore lorsqu'on s'est efforcé à considérer le soleil durant quelques instans : on voit alors en fermant les yeux, selon *Æpinus*, cité ici par l'*Encyclopédie*, une tache ronde irrégulière, d'un jaune qui tire un peu sur le verdâtre; et si on les dirige ensuite sur une surface blanche, comme sur une muraille ou sur un papier, cette même tache s'y montrera sous la couleur accidentelle brune : lorsqu'on les referme une seconde fois, on voit la tache une minute après d'un beau vert, et en portant les yeux sur la muraille, elle se peint sur sa surface blanchie de la couleur accidentelle du rouge pourpré : et après quelques minutes encore, si on ferme les yeux de nouveau, on observe qu'elle a passé alors à un beau bleu d'azur; et la surface blanche, quand on les ouvre ensuite, la fait reparaitre d'un rouge pur et très clair. Ainsi, d'accord avec les principes que nous avons assignés de ces phénomènes (art. 122), la couleur brillante de la tache s'effaçait par degrés et peu à peu, en même temps que les nuances qu'elle faisait paraître aux regards accidentellement devenaient vives et éclatantes de plus en plus. (ENCYCL. MÉTH., *math.*, au mot *Coul. accid.*) C'est l'observation que faisait Descartes.

dans sa Dioptrique, au discours sixième, pour démontrer évidemment que la sensation des couleurs dans le cerveau n'est en effet *que la façon diverse dont les petits filets du nerf optique sont agités par les parties de la lumière qui les frappent*. L'impression, dit cet auteur, que les yeux retiennent d'une lumière fort vive et fort brillante qu'on s'est fait effort de regarder, est cause que, malgré même qu'on les tienne fermés, on voit encore diverses couleurs qui se changent en s'affaiblissant, comme l'impression diminue, et passent successivement de l'une à l'autre : ce qui ne peut venir « que de ce que » les petits filets du nerf optique, ayant été mus » extraordinairement fort, ne se peuvent arrêter » sitôt que de coutume; mais l'agitation qu'ils conservent après que les yeux sont fermés, n'étant » pas assez grande pour représenter précisément » cette forte lumière dont l'impression l'a produite, » représente des couleurs moins vives. »

124. Terminons ces observations sur les apparences colorées par une dernière remarque de Buffon, insérée dans le même mémoire que nous avons cité précédemment, touchant les diverses teintes des couleurs dont se revêtent les ombres à la réverbération de l'atmosphère. Cet observateur, au lever et au coucher du soleil, les a constamment reconnues bleues, par la réflexion, comme il n'y a point lieu d'en douter, de l'azur céleste, que la rareté de

la lumière solaire laissait alors apercevoir dans ces parties ombreuses, qui n'étaient plus éclairées presque uniquement que des rayons que l'atmosphère de l'air renvoyait vers elles. Je les ai vues moi-même de cette couleur quelquefois à la clarté brillante du midi et sous un ciel serein, en tenant les yeux il est vrai à demi fermés; ce qui empêchait que les rayons, en s'introduisant dans la vue par une trop nombreuse abondance, ne vinssent aisément à offusquer la perception de cette clarté fort débile (art. 90, n. 2) : elles me paraissaient alors d'un très beau bleu d'azur. C'est la couleur sous laquelle se montre à la vue, à travers les vapeurs de l'atmosphère, la côte lointaine de l'horizon. Les ombres ne sont point toujours cependant de ce coloris uniforme du bleu céleste; car Buffon observa, en un beau soir de juillet, comme le soleil se couchait dans une gorge au-dessous de l'horizon où il était élevé, le ciel étant serein, à l'exception seulement du couchant, « qui était chargé devant lui » d'un rideau transparent de vapeurs d'un jaune » rougeâtre, » que les ombres des arbres qui se projetaient sur une muraille blanche proche de là, et celle même d'un treillage qui n'en était éloigné que de trois pieds, se coloraient « d'un vert tendre » tirant un peu sur le bleu. » Cette apparence, que l'on ne peut ici attribuer qu'à la double réflexion de l'azur céleste et de la couleur jaune dont les vapeurs

du couchant étaient empreintes, ne dura environ que cinq minutes; et s'affaiblissant peu à peu avec la lumière du soleil, « elle ne disparut entièrement » qu'avec les ombres. » Il revit encore le lendemain le même phénomène au déclin du jour; mais depuis il ne l'a pu observer davantage.

LIVRE TROISIÈME.

PARTIE PHILOSOPHIQUE.

DE LA NATURE DE LA LUMIÈRE, ou de sa matière et de son mouvement.

QUE LA LUMIÈRE EST UN PEU SUBTIL LANCÉ PAR
L'ACTION DU SOLEIL.

CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES.

125. Que la lumière est un corps solide qui se meut rapidement dans l'espace. — 126. Que le fluide de l'éther, cause de la pesanteur, remplit tous les cieux, et se meut sans interruption d'un mouvement interne et de tourbillon. — 127. Des lois générales de l'impulsion. — 128. Considérations sur ces lois.

125. Jusqu'ici, analysant la lumière dans sa motion acquise, et sans examiner primitivement l'origine ni la nature de cette motion que nous entreprenions de définir dans ses différens accidens, nous n'avons considéré l'action des corps sur sa matière subtile qu'en une façon purement absolue, supposant ces corps véritablement immobiles, et comme s'ils ne pouvaient en effet ni ôter ni donner à ses rayons aucun mouvement : examiner maintenant, par une

recherche exacte et une inspection plus intime, la nature de ce singulier mouvement lumineux, par quel moyen cette subtile matière le reçoit, le conserve au milieu de tant de chocs, et enfin le perd, est l'objet de ce troisième livre. Mais comment espérer jamais de parvenir à la connaissance précise de ces faits, si l'on ne connaît d'abord de science assez sûre, et ce que la lumière peut être, et quelles sont les lois essentielles de la motion ? Ce que la lumière est en effet a été clairement expliqué dans les précédens livres ; et la raison nous enseigne, par les sages préceptes de Descartes, quelles sont les vraies et immuables lois d'une substance vraiment impassible et tout inerte. (P. N. art. 10.)

La lumière est une subtile matière qui se meut : cela est constant par notre premier livre, dont toutes les démonstrations ne sont fondées que sur cet axiome unique (art. 11 et 15). Une conformité si marquée et si bien établie entre les mouvemens des corps terrestres lancés et ceux des corpuscules de la lumière, est une preuve sans doute assez forte et assez convaincante de la vérité de cette doctrine ; et nous ne pensons pas qu'il soit maintenant nécessaire, pour en confirmer encore les conséquences, de rentrer de nouveau dans la discussion de la théorie spéculative d'Euler, renouvelée de Descartes, dont Newton, à la vingt-huitième question de son Optique, a fait ressortir suffisamment les difficultés

nombreuses et les paradoxes, et qui d'ailleurs ne se base que sur des rapprochemens, au fond fort peu justes, par la différence énorme qui existe dans les subtilités des deux principes, entre les phénomènes de la propagation du son et ceux que la lumière présente dans ses motions progressives. Si la lumière ne consistait vraiment, comme ces auteurs nous l'assurent, qu'en une simple pression d'un fluide ou un mouvement vibratoire, semblable en tous les points à celui d'où se communique le son dans les airs, il ne serait point facile de concevoir, quoi qu'Euler en puisse dire (*Nov. th.* § xcvi), comment elle pourrait agiter et échauffer par son action les parties internes des corps qui la réfléchissent ou qui la réfrangent, ainsi que Newton le remarque très justement à la question citée : *utique non possêt id agitare et calefacere corpora, quæ id refringunt et reflectunt*. Et si, ramenant ce système à des notions plus claires et moins confuses, on ne faisait voir dans cet effet qu'un phénomène tout semblable à celui de l'ébranlement qu'un son violent produit dans les corps, et qui est même capable quelquefois, comme dans la détonation de la poudre, de faire éclater les vitrages et écrouler les édifices, encore faudrait-il reconnaître néanmoins une différence notable entre les deux agens, puisque l'air en ces différens effets agit de toute sa masse sur les corps, et que la matière lumineuse, qui y suscite une agita-

tion intérieure, à cause de sa subtilité très grande, agit au contraire partiellement sur chacune de leurs internes parties. Mais ce n'est point ici le lieu de discuter si le son serait propagé dans l'espace en la même façon que la lumière : notre seul objet est de définir comment la lumière s'y propage ; et il nous suffira maintenant de rappeler que les trois articles *cent quatrième*, *cent cinquième* et *cent sixième* ont fait voir dans le précédent livre, par la discussion analytique du système qu'avaient imaginé les cartésiens sur la nature des couleurs et la décomposition lumineuse que le prisme opère, que leur théorie supposée répugnait essentiellement à l'expérience et à tous les phénomènes bien connus de la lumière.

Il est de même très probable que les parties de cette subtile matière lumineuse sont de petits corps parfaitement durs et solides, je veux dire absolument dénués d'aucun pore et sans aucune flexibilité ou compressibilité quelconque : l'intelligence de tous les phénomènes lumineux ne demande pas qu'ils soient d'aucune autre nature, et les lois connues de leur motion nous persuadent qu'ils ne le sont effectivement point. Il me paraît donc que ce serait sans nécessité s'embarrasser dans une difficulté toute gratuite, que d'attribuer à cette étonnante matière, comme le suppose dans le premier élément un ouvrage où la Physique générale est réduite aux

principes simples de la Mécanique, aucune espèce de ressort ou de mécanisme intérieur auquel elle fût redevable au réel de sa propriété élastique (P. N. art. 81); car l'élasticité n'est autre chose que la facilité qu'ont les plus petits corps à recevoir et conserver le mouvement, et il n'est besoin, en conséquence, pour en expliquer les effets, que des seules lois ordinaires de la motion, appliquées aux plus subtils corps de la matière. Et en effet si les fluides les plus rares et les plus compressibles, et en particulier l'éther, ne devaient la très grande force de leur propriété élastique qu'à la vertu intime de quelque ressort dont leurs petites parties seraient douées, de telle manière, comme cet ouvrage l'expliquait, qu'il devrait être suffisant, pour leur imprimer la motion, que leur ressort intérieur, bien dégagé et mis à découvert, pût jouer librement et s'élancer (P. N. art. 83), ils ne recevraient donc le mouvement de la communication d'aucune force ou d'aucun choc qui le leur ait pu transférer, par la perte nécessaire d'une quantité égale de motion dans un autre corps dont l'impulsion primitive fût émanée; ce qui est opposé tout-à-fait aux lois communes du mouvement les plus certaines et les plus claires (P. N. art. 26.) Concluons donc de tous ces motifs, *que la lumière est véritablement un corps solide qui se meut au milieu de l'espace.*

126. Une seconde vérité qu'il importe, avant de

suivre plus loin cette analyse de la matière lumineuse, de rappeler encore à l'attention du philosophe qui étudie les lois de la nature, est l'existence dans les espaces universels d'un fluide rare et très subtil (que nous nommons *éther*), qui, pénétrant tous les corps jusqu'à leurs moindres parties, et entraîné sans cesse avec violence par l'impulsion rapide des sphères célestes, qui l'emportent et le refoulent dans leur course, retombe en courans immenses sur leur masse de tous les points de la circonférence du ciel, et produit de la sorte, par des froissemens continuels, le phénomène de la gravitation de ces sphères. (P. N. art. 257.) La nécessité d'un tel fluide et son existence très certaine, prouvées par d'irrécusables faits dans un mémoire qui, sous le titre de *Cause mécanique de la Pesanteur*, a été présenté il y a deux ans (en 1822) à l'Académie des Sciences de Paris, se pourraient même déduire sans autre preuve de la théorie newtonienne des couleurs, suivant l'observation qui en a été faite au *quatre-vingt-septième* article du premier livre. Que les parties subtiles de cette liqueur éthérée, à l'égal de celles de toutes les autres liqueurs généralement, se meuvent sans cesse d'un mouvement interne et réglé, comme c'était le sentiment très sage de Descartes, se peut reconnaître d'une manière évidente par plusieurs faits, et entre autres, selon la remarque de ce judicieux auteur, par les dissolutions et les décomposi-

tions des divers corps que leur action continue peut séparer et détruire, la désunion et la rupture des parties composantes de ces corps ne pouvant se faire très certainement sans un mouvement réel de ces parties par l'impulsion motrice de la liqueur, et la matière d'ailleurs, comme toutes les puissances mécaniques, n'exerçant d'action, quelle qu'elle soit, que par le seul principe de sa motion (P. N. art. 249.) Tous ces faits sont les conséquences immédiates des notions les plus simples du sens commun, et, pour m'exprimer hardiment, c'est l'alphabet même de la science; les preuves s'en offrent en foule de toutes parts dans la nature. (*Caus. méc. de la Pes.*, prop. 1 et 2.) Puis donc qu'il est constant, ainsi que nous le disons, que les parties de l'éther se meuvent toutes d'un mouvement intime très réel, comme plusieurs corps qui se meuvent dans l'étendue d'un même espace se gênent et se contrarient mutuellement, de cette contrariété réciproque il a dû résulter que toutes ces parties, s'entrechoquant et se repoussant l'une l'autre, ont été contraintes de se mouvoir chacune uniformément comme par une figure circulaire, ou dans les orbites d'une sorte de tourbillon. Ainsi, le fluide subtil de l'éther, qui remplit tous les cieux, et retombant de tous les points du firmament étoilé sur la solide masse du soleil, est la vraie cause de la pesanteur dans les corps, se compose de petites parties très ténues qui

se meuvent sans cesse circulairement ou sous l'apparence de petits tourbillons intérieurs.

De la communication du choc.

127. Pour déterminer maintenant d'une manière précise comment la lumière reçoit son impulsion lumineuse, comment elle la conserve et elle la perd, il importe de bien s'entendre d'abord sur les lois constantes et véritables de la motion des corps lancés. Ces lois, qui sont sans contredit les lois cartésiennes, comme les seules que la raison avoue, et que l'expérience et le sens commun confirment, se peuvent réduire ici à trois points.

1. Le premier, qui est la loi fondamentale et comme le principe de toutes les impulsions de la matière, « est qu'un corps qui en rencontre un » autre, soit qu'il donne, soit qu'il reçoive du mouvement, ne peut en donner qu'autant qu'il en » perd, ni en recevoir qu'autant que l'autre en » perd; et réciproquement un corps quelconque » ne peut perdre de la motion qu'il a acquise, qu'autant que son choc en transfère à quelque autre » corps qu'il ébranle. » — P. N. art. 26. DESCARTES, *Princ.* 2, art. 40.

2. Le second point, qui est une dépendance de celui-ci, est que, si plusieurs corps se rencontrent et s'entrechoquent mutuellement, les plus massifs

ébranlant bien plus tôt et plus aisément les plus faibles qu'ils n'en sont eux-mêmes ébranlés, comme ils leur communiquent ainsi plus de mouvement qu'ils n'en peuvent réciproquement recevoir, devront perdre aussi leur motion proportionnellement plus vite que ces plus faibles corps, qui ne transfèrent que difficilement et avec lenteur leur impulsion acquise; et que si un corps, par la pesante masse de son volume, n'est que peu ou point du tout ébranlé d'un autre corps d'une subtilité trop grande, il ne lui devra ôter rien ou que peu de chose de son mouvement primitif, et le renverra avec la même puissance d'impulsion et une quantité égale ou presque égale de mouvement qu'avant le choc contraire qu'il a subi. Ainsi, une bille, sur la table unie d'un billard, si elle vient à frapper contre la barre, qu'elle n'ébranle que peu, s'en réfléchit toujours, et suivant les lois ordinaires de l'égalité des angles dans les répercussions (art. 12), sans une diminution bien sensible de son mouvement; au lieu que si elle heurte au contraire sur un corps qui soit assez petit et très mobile, ou dont la résistance soit peu forte, comme sur une autre bille du même volume et du même poids, c'est-à-dire dont la puissance propre soit égale, elle la pourra tellement ébranler et lui communiquer alors de sa motion, que souvent elle devra perdre elle-même, par son choc, toute l'impulsion qui lui avait été im-

primée; et les corps naturels les plus subtils, pour une semblable cause, seront aussi ceux qui devront perdre toujours le plus difficilement la force motrice dont ils auront été mus.

3. Enfin le troisième point, que nous déduisons des mêmes lois, est que deux corps d'un égal mouvement et d'une force égale qui se rencontrent, ne se peuvent ni donner ni ôter mutuellement aucune portion de la force absolue qui les meut. Ainsi, quand sur le tapis d'un billard on dirige diamétralement l'une contre l'autre avec une égale force deux billes égales, ces deux billes, en se heurtant dans leur rencontre, se renvoient l'une l'autre d'un choc mutuel aux mêmes points d'où elles avaient été dirigées, sans autre perte apparente de leur mouvement, que la quantité de l'impulsion qui, par l'ébranlement successif de leurs petites parties intérieures, se communiquant à l'air et l'agitant, fait entendre au loin autour d'elles le bruit de ce choc qu'elles éprouvent; de sorte que si ces deux billes étaient seulement conçues telles effectivement que deux corps d'une subtilité extrême et parfaitement durs, c'est-à-dire qui n'eussent point du tout de parties et ne fussent nullement capables d'agiter l'air ni quelque autre milieu plus ténu, il serait difficile de faire comprendre comment elles devraient perdre alors dans leurs chocs aucune partie quelconque de leur motion.

128. Ces lois si simples du mouvement, qui sont, à notre avis, comme la clef et le fondement de toute la philosophie naturelle, ont été cependant presque universellement contestées; et même, chose admirable, qui est bien propre à nous faire naître de bien humiliantes réflexions sur l'étendue bornée du génie humain, qui se prétendrait ériger néanmoins en un souverain juge des plus profondes et des plus sublimes matières, Descartes, le seul Descartes les a comprises, ces lois si claires, Descartes seul les a vues : il ne les a pas inventées, il ne les a pas découvertes, il les a vues, comme en effet une chose si palpable qu'elle frappe partout nos regards, et n'a besoin, pour être aperçue, que d'être regardée d'une vue nette et dégagée de toute prévention. Car si la substance matérielle, nécessairement incapable par sa nature d'une puissance propre quelconque et d'une volonté, ne peut qu'obéir inévitablement par une nécessité aveugle à toute puissance directrice qui la sollicite, il est bien sûr, bien clair, bien évident, qu'elle ne pourra ni se donner ni s'ôter jamais à elle-même aucune partie du mouvement, mais qu'elle devra nécessairement demeurer toujours fixe et en repos, tant qu'une force quelconque mécanique ne lui communiquera point l'impulsion, et conserver ensuite uniformément cette impulsion reçue, jusqu'à ce qu'une autre force, par son opposition, la dérange et la modifie diversement. Je

ne répèterai point, pour démontrer un fait qui est la chose du monde la plus claire, la plus incontestable et la plus sûre, toutes les raisons et les certitudes qui ont été alléguées jusqu'à satiété dans le nouveau livre des Principes, et dans les deux mémoires adressés sur cet objet à l'Académie des Sciences; j'observerai simplement, qu'on ne parviendra jamais à une connaissance positive d'aucune des causes véritables des phénomènes naturels, tant qu'on ne voudra point d'abord s'entendre enfin sur les premiers principes de la matière. Aussi voit-on que depuis Descartes, qui a seul apprécié et seul bien connu ces vraies lois, la connaissance solide de ces causes premières de la nature n'a fait dans la réalité nul progrès. Newton rapporte tout à la gravitation des corps, et il ne sait pas ce que la gravitation peut être! Et les chimistes modernes, dont les arrêts réformateurs prévalent aujourd'hui et décident souverainement sur tous les points de la Physique les plus difficiles, dans leur audacieuse prétention d'assujettir la nature aux réductions factices de l'alambic, ne voyant partout que des gaz, les affirment de véritables solides qui seraient dissous dans les vapeurs du calorique ardent et de la subtile lumière; et ils ne savent pas quelle est la vraie nature de cette lumière ni de ce calorique, qu'ils érigent en d'universels agens.

On ne connaît donc, au réel, les premiers prin-

cipes d'aucune chose, parce qu'on n'a point d'abord voulu voir ce que c'était que la matière, et quelles en devaient être les nécessaires propriétés; parce qu'on s'est trop laissé éblouir et entraîner par le spécieux des systèmes et l'autorité de Newton, que des préventions injustes ont aveuglé sur l'évidence très certaine et très palpable des lois si simples du mouvement, que Descartes avait fait connaître avant lui. Ainsi le géomètre anglais, trop séduit de sa science, rejetant nettement ces lois simples, prétendrait nous prouver que le mouvement dût périr; et il soutient que si cela n'était pas, deux corps parfaitement durs ne pouvant point, selon lui, se communiquer le mouvement, quoiqu'il ne donne aucune preuve de cette extraordinaire loi, que rien dans la nature n'autorise, si deux tels corps se rencontraient dans l'espace et se choquaient, ils devraient donc inévitablement pénétrer l'un l'autre leurs dimensions réciproques. (*Opt.*, quæst. ult.) L'absurdité d'une conséquence aussi fausse, clairement établie en d'autres lieux, devient palpable déjà par cette seule raison, que les derniers élémens de la matière, qui ne peuvent être dans la réalité que parfaitement durs et solides, reçoivent cependant le mouvement et se le communiquent des uns aux autres, puisque tous les corps le reçoivent, qui ne se composent que d'élémens; et il devrait arriver de ces deux corps dont parle ici Newton, ce

que nous avons observé qu'il arrive dans le choc contraire de deux billes d'une égale motion et d'une égale force inversement dirigées (art. 127), c'est-à-dire qu'ils se devraient l'un l'autre répercuter dans leur rencontre par une commune impulsion : et la répercussion sera même d'autant plus puissante et plus parfaite, que la matière de ces mêmes billes ou de ces deux corps sera plus solide et plus dure. Car il importe essentiellement de bien discerner en ces phénomènes la dureté d'avec la densité ou la pesanteur des substances. Deux billes de métal, en effet, malgré la densité remarquable de leur matière, s'aplatissant par leur choc, ne recevraient l'impulsion que dans un degré imparfait : car toute la force et toute la puissance du coup se consume ici dans l'effort de cet aplatissement même, et la motion se va perdre et se partage dans l'ébranlement successif des molécules intérieures du compact métal, ébranlement qui, se communiquant ensuite aux parties mobiles de l'air agité qui est à l'entour, le constitue dans une violente commotion, dont le bruit éclatant se prolonge et se fait entendre au loin ; et de ces parties aériennes il passe bientôt et se disperse finalement, selon la seconde loi du précédent article, dans les invisibles vapeurs des fluides plus subtils qui les environnent de toutes parts. C'est ainsi que, s'anéantissant peu à peu, semblent se perdre et s'absorber insensiblement

toutes les motions qui se manifestent sur la surface de la terre, soit par une impulsion naturelle qui les sollicite, ou accidentellement par l'élanement du jet qui les fait voler dans l'espace : tous ces corps, ainsi mus ou lancés, ébraulent l'air, et ils y produisent un son qui est proportionné à cet ébranlement qu'ils y causent ; et des parties les plus grossières de cet air épais, leur agitation passe et se va perdre dans l'agitation continue des subtiles parties éthérées, qui remplissent uniformément tous les moindres espaces des ciens universels. La vérité de toutes ces lois, comme nous le montrerons, se confirme surtout par l'analyse des phénomènes généraux que le mouvement lumineux nous présente, et elle tire de ces curieux phénomènes une nouvelle preuve et un jour nouveau.

DE L'IMPULSION LUMINEUSE.

129. Du développement de la lumière par un choc violent. — 130. Des corps qui deviennent lumineux par l'ignition. — 131. Que le fluide électrique et les courans du magnétisme composent avec l'élément lumineux une même matière.

PROPOSITION VIII.

129. *Que le choc violent d'une forte masse de la matière lumineuse constitue cette matière en le mouvement direct de la lumière.*

Cela s'éprouve dans le fluide électrique, qui, se

venant briser impétueusement sur un corps émoussé, en rejaillit de toutes parts en gerbes brillantes et lumineuses. Ainsi qu'un impétueux torrent qui tombe du haut d'un roc sur la pierre, s'y brisant dans sa chute avec fracas, s'en élance en une multitude de gouttes : tel s'élance en d'innombrables gouttes d'un feu jaillissant le torrent subtil de la matière lumineuse, quand elle se brise avec impétuosité sur les corps, ou qu'elle en est lancée avec violence dans la combustion par l'agitation extrême des parties terrestres bouillonnantes. (P. N. art. 201. 223.) Mais au lieu que la massive épaisseur des gouttes humides de l'eau, par un effet de la résistance nécessaire des milieux invisibles qu'elle ébranle et à qui son mouvement se communique (art. 128), perdant en un espace de temps assez court la force première de sa violente impulsion, retombe, comme tous les corps terrestres lancés, en décrivant dans les airs une courbe hyperbolique, cette subtile matière lumineuse, qui, par la seconde loi du mouvement (art. 127), ne transfère que difficilement sa motion à tous les autres corps, la devra aussi conserver à de plus considérables distances, et dans une plus grande énergie, et sa clarté se manifestera au loin autour d'elle.

Le fluide électrique n'est pas le seul agent naturel qui nous offre ainsi le phénomène de cette manifestation apparente des principes cachés de la

lumière, sans qu'il se remarque dans les corps d'où la clarté est émise aucun changement de leur nature, aucune dissolution de leurs élémens : toute agitation assez vive qui pourra donner le branle à sa matière et en lancer les subtiles parties avec force autour de nous, la constituera également en ces mêmes rayons directs de la clarté du jour. Ainsi la commotion de l'air frappé, qu'un choc violent et subit comprime dans un tube de métal, imprimant à ces parties mobiles que cet air ébranlé contient leur mouvement lumineux, embrasera dans le tube la molle substance de l'amadou qu'on y aura placé. Ainsi les flots bouillonnans de la mer écumeuse, dans l'agitation d'une tempête, feront jaillir ces subtils rayons des parties visqueuses et sulfuriques que leurs eaux dissolvent; le vif-argent, dont la brillante masse contient le feu liquide dans sa lourde matière, étant agité dans le vide, tout rempli de la rare substance éthérée, leur pourra donner rapidement leur impulsion lumineuse; le choc du briquet les détachera des particules rompues de l'acier; et le frottement de l'ambre, du diamant, du poil des chats à contre-sens, ou du cou du cheval, les fera paraître de même dans l'obscurité, en ébranlant et faisant jaillir les parties ignées et électriques que ces corps ou bien renferment, comme il en est des diamans, dans l'intérieur de leur substance intime, ou bien retiennent, comme en particulier le poil

des chats, dans leurs pores et sur leurs surfaces onctueuses, par un effet que je ne pense pas être dissimblable à celui des vergettes humectées, qui lancent, lorsqu'on les frotte, en gouttes rapides l'eau dont on les avait imbibées par avance. Et si l'on épanche d'une carafe, sur le côté d'un large vase peu éclairé par le jour, un petit filet d'eau jaillissante, l'endroit de la cavité du vase où le jet de cette eau viendra tomber paraîtra à l'œil tout lumineux et sous l'apparence de la lueur blanchâtre d'un phosphore, à cause évidemment des parties subtiles du feu pur que l'eau, recelant dans son sein, doit faire nécessairement rejaillir par sa chute en gouttes limpides de lumière, comme elles rejaillissent par l'agitation de la mer durant la tourmente d'une tempête; car l'eau pure n'est autre chose en effet que la terre élémentaire tenue liquide par le feu. (P. N., art. 90.)

130. Mais la vertu lumineuse des cristaux et des autres semblables corps en fusion ne provient pas, comme la théorie eulérienne et les hypothèses de Descartes nous le voudraient vainement persuader, d'un certain mouvement vibratoire que le feu aurait imprimé intimement aux parties composantes de ces corps, et qui les rendrait capables de lancer en rayons visibles de lumière la subtile matière éthérée qui est répandue de toutes parts et les entoure, comme elle est répandue uniformément dans toute l'étendue de l'espace; car je ne vois point qu'il y aurait

alors de raison pour qu'une agitation très violente des minces particules de ces cristaux réduits en poudre ne dût point, presque à l'égal même de l'ignition, produire en eux un phénomène tout semblable de lumière; l'éther qui environne tous les corps est d'ailleurs bien trop rare dans les régions de notre globe, pour que le seul élancement de ses parties, par le choc véhément des molécules agitées de ces corps, puisse suffire pour faire naître en nous une sensation distincte de la lumière : mais cette vertu lumineuse ne provient, dans la réalité, que de la forte masse des parties de la matière même du feu dont les molécules cristallines ont été mues et toutes pénétrées en se fondant, et qui, par la véhémence de l'agitation que la combustion leur imprime, s'échappent soudainement de tous côtés en jets visibles et lumineux. Il en est de même des divers corps d'une nature combustible qui en brûlant repandent autour d'eux de la clarté : ils ne la doivent qu'à cette commotion si rapide dont toutes leurs molécules intérieures sont très puissamment ébranlées, et qui, les faisant l'une l'autre se choquer avec une extraordinaire violence et en détruisant l'adhésion, pour les réduire à leurs primitives parties élémentaires, détache et lance de toutes parts dans les airs en de semblables rayons, par la véhémence de l'impulsion motrice qu'ils en reçoivent, les légers atomes de la lumière que ces combustibles retenaient dans leur hétérogène sub-

stance. (P. N., art. 196.) Ainsi en général, il est vrai de dire que tous les corps que l'ignition rend lumineux, ne le sont qu'autant qu'une quantité considérable de feu les pénètre, ou à proportion qu'ils contiennent dans leur substance un plus grand nombre des parties subtiles de cette matière lumineuse, qu'une agitation intérieure en puisse dégager aisément et constituer en le mouvement direct de la lumière.

COROLLAIRE.

131. *Que la matière électrique, et sans doute aussi celle où réside la propriété des aimans, est la matière même de la lumière.*

Car nous venons de voir (art. 129) que les torrens de l'invisible matière électrique sont véritablement susceptibles par leur choc de recevoir une impulsion de lumière, et l'article premier de ce même livre a fait connaître que le mouvement d'où procède cette sensation de la lumière est celui d'un très petit corps qui serait lancé avec une extraordinaire vitesse : donc le fluide électrique, qui étant lancé jouit de ce même mouvement, est en effet ce subtil corps lui-même lumineux. Tous les raisonnemens et toutes les preuves par lesquelles se démontre la fausseté de l'hypothèse d'une simple pression propagée, démontrent aussi la justesse et la validité de cette nécessaire conséquence.

L'identité du fluide magnétique avec cette même matière ne découle point aussi immédiatement des phénomènes, mais elle se peut néanmoins reconnaître d'une manière certaine et évidente par plusieurs faits positifs : tels sont la propriété générale qu'a ce fluide, comme le fluide électrique, de pénétrer aisément tous les corps, le manque absolu de pesanteur qui est commun à tous les deux, leur inviolabilité commune, et par-dessus tout le phénomène singulier des attractions de l'aimant et de ses répulsions réciproques, tout-à-fait semblable à celui que certains corps électriques, tels que l'ambre ou *électron* des anciens et la tourmaline, nous présentent dans leurs mutuelles approches, et qui de plus est véritablement du même genre, ainsi que bientôt on le fera voir, que le principe des réflexions mêmes de la lumière sur la surface des divers corps. La similitude remarquable de tous ces faits d'une certitude avérée, dont la conséquence est claire et immédiate, ne nous permet point de douter de la vérité de ce principe, que l'objet du théorème est d'établir, que les trois phénomènes naturels de la lumière, de l'électricité et du magnétisme ne sont effectivement dans la réalité que trois différens modes d'une seule et même matière; et s'il était besoin encore d'une nouvelle preuve pour en inculquer mieux et en déterminer la conviction parfaite, il suffirait de rappeler ici l'observation constante, que l'orage et les coups

de tonnerre, c'est-à-dire une commotion de l'électricité, peut faire changer quelquefois les pôles magnétiques des aimans; et l'on sait qu'on aimante plusieurs corps, de même qu'on électrise, par un simple frottement d'une verge de fer en un sens convenable. — ENC. METH., *Am. des sc.*, p. 37.

DE LA PROPAGATION LUMINEUSE.

132. Que le mouvement de la lumière se devrait perdre bientôt inévitablement par ses chocs sur les parties sensibles des milieux. — 133. Que ce mouvement se propage et se continue par des répercussions successives sur les parties mouvantes de l'éther; observation onzième de Newton sur les verres objectifs de télescope. — 134. Et que la réflexion se fait par le choc immédiat des rayons sur ces mêmes parties. — 135. Que chacun des rayons homogènes est propagé par une différente sorte de ces particules éthérées. — 136. Lesquelles ne tout avec la lumière qu'un même élément, et se distinguent comme elle en diverses sortes, qui diffèrent les unes des autres en grandeur et par la diversité de leur mouvement: restriction du septantième article du premier livre. — 137. Que cette matière éthérée est plus resserrée ou plus abondante dans les milieux les plus denses et les plus compactes. — 138. Et qu'elle répercuté la lumière en tous les sens. — 139. Que la propriété qu'ont les miroirs de représenter les objets vient de ce qu'ils renvoient la lumière uniformément selon le même ordre où ils l'ont reçue. — 140. Et qu'ils nous la renvoient de la sorte par une disposition spéciale des molécules dont leur surface polie se compose, sur lesquelles glissent et s'écartent aisément les particules planes de l'éther: complément du soixante-cinquième article. — 141. Que les substances combustibles exercent sur la matière éthérée une action puissante bien remarquable. — 142. Dont l'origine est que cette matière est en abondance plus forte et plus resserrée dans les intervalles poreux de ces mêmes substances. — 143. Que l'éther est le véritable principe de la combustibilité de tous les corps. — 144. Explication facile

des variations de l'aiguille aimantée de la boussole, sa déclinaison des deux pôles et son inclinaison; cause probable de l'obliquité de l'axe terrestre dans son orbite. — 145. Que la réflexion a sa cause dans l'opposition du mouvement progressif de la lumière avec les motions intérieures de la matière éthérée dont les pores des substances sont remplis. — 146. Que la force absolue de la puissance impulsive des corpuscules de cette matière, dans les intervalles des corps terrestres, est en raison inverse de la condensation où elle s'y trouve. — 147. Que les répercussions alternatives des rayons dans l'intérieur des milieux, sont un phénomène d'un tout autre genre que l'inflexion générale d'où leur réfraction dérive: illustration et développement du vingt-neuvième article. — 148. Que le choc des rayons sur les parties terrestres des corps paraîtrait leur devoir ôter aussitôt toute leur vertu lumineuse. — 149. Considérations générales sur la configuration des éléments.

PROPOSITION IX.

132. *Que la propagation de la lumière, ou, en d'autres termes, que la continuation du mouvement direct lumineux dans les corpuscules auxquels est affectée cette sensation, se fait essentiellement par l'intermède du fluide céleste ou éthéré qui remplit tout l'espace; c'est-à-dire que toute la réflexion des rayons, ou du moins certainement la plus abondante, de même que leurs répercussions alternatives, s'accomplissent par ce même fluide de l'éther. — Illustration de la proposition III.*

Cette proposition, pour plus de clarté, se peut subdiviser en deux parties distinctes : la première sur la matière effective où les inflexions de la lumière et ses répercussions intérieures s'effectuent, et la seconde sur le principe essentiel de ses réflexions générales.

Et pour ce qui est premièrement de ses répercussions intérieures et alternatives dans les milieux,

il faut voir si le phénomène d'une sorte de compressibilité, que la proposition troisième nous découvre dans les parties qui répercutent successivement la lumière, peut convenir indistinctement à tous les corps qui la transmettent et la réfrangent. Or, la subtilité extraordinaire de la matière lumineuse la distingue à un si éminent degré de toutes les substances connues de la nature, et, pour en désigner une seule pour toutes les autres, des parties massives et bien différemment grossières du crystal, qu'il est difficile de concevoir que son impulsion les puisse jamais comprimer et les faire céder en une telle sorte, qu'elle en soit toujours renvoyée aussi régulièrement dans un sens conforme à celui où son mouvement les pousse et les rencontre, comme nous avons vu qu'elle doit l'être à cette proposition troisième précitée : et lors même qu'on prétendrait établir qu'une telle compression fût possible, il demeurerait encore bien constant, par le cent vingt-septième article, que la lumière, en ébranlant ces parties et leur communiquant de l'impulsion, devrait perdre très vite réciproquement le mouvement progressif dont elle jouit, et qu'elle ne pourrait vraiment se propager ni conserver sa motion quelque espace de temps bien sensible au milieu de tant de chocs dans le crystal ; car bien que ce même article ait fait voir, dans sa seconde loi, que les petits corps qui en rencontreraient dans leur course de plus massifs ne communiqueraient à ceux-ci que

difficilement de leur motion, néanmoins, comme le fardeau qu'un homme seul n'est point capable d'ébranler, plusieurs le meuvent et le transportent aisément; ainsi une grande masse de lumière doit communiquer du mouvement aux molécules grossières des corps denses; et elle en devra perdre elle-même à proportion. Et si ces molécules des corps terrestres n'étaient effectivement d'une nature telle, qu'elles ne dussent toujours priver essentiellement la lumière, et même dans un espace de temps assez court, de tout son mouvement progressif, comment donc se ferait-il que cette matière le perdît en un instant par les chocs intérieurs qu'elle éprouve dans la faible épaisseur d'un cheveu, et qu'elle ne le dût point perdre cependant à travers la masse plus compacte d'un lourd et solide crystal? Ne faut-il point reconnaître, par ces incontestables faits, que le crystal renferme sans doute intimement dans sa substance inerte quelque autre agent qui reçoit et qui est capable de transmettre comme de proche en proche la lumière, et qu'elle ne touche que très peu aux parties mêmes cristallines?

133. Mais je suppose encore, ce que nous osons croire plus que douteux, qu'on lève néanmoins et qu'on éclaircisse ces difficultés principales une seule raison suffirait d'ailleurs pour nous convaincre que les corpuscules subtils de la lumière se doivent véritablement infléchir sur les petites parties éthérées; car

le fluide de l'éther, par sa nature définie précédemment au cent vingt-sixième article, pénétrant avec facilité tous les corps jusqu'à leurs plus étroits interstices, si la lumière, en l'élancement de sa course, se devait heurter et infléchir, d'après les lois de la proposition seconde, sur toutes les parties quelconques des milieux dans la substance desquels elle se propage, il devrait donc arriver que non-seulement elle se répercuterait sur toutes les parties cristallines dans le crystal, mais qu'elle se viendrait infléchir, entre celles-ci, sur les parties éthérées que leurs intervalles renferment. Sa répercussion successive ne se ferait donc pas d'une partie à l'autre du crystal, puisque, entre ces deux parties intérieures, il en existe d'autres plus petites, mais elle devrait se faire nécessairement sur les surfaces de ces parties plus faibles de l'éther qui s'introduisent dans la substance poreuse du crystal; et comme ces répercussions intérieures sont uniformes, régulières et constantes, suivant que l'a montré le trente-neuvième article, elles seront toujours uniformément déterminées par les distances que ces plus faibles parties observent entre elles. (Art. 40.) Donc les répercussions isochrones de la lumière, dans l'intérieur des milieux, sont produites réellement par ses chocs successifs sur les seules parties de l'éther.

Une observation de Newton confirme ce fait par l'exactitude irrécusable de son expérience des verres

objectifs de telescope. Lorsque, dans cette expérience (art. 91., n. 2), on avait rempli d'eau les distances mutuelles des deux verres, si on inclinait un peu le premier sur la superficie du second, pour faire avancer diversement et mouvoir le centre des cercles colorés, il se formait incontinent à l'endroit où les deux verres s'étaient touchés comme une tache blanchâtre fort petite, qui, selon que les eaux en s'étendant se répandaient au même endroit, s'en évanoüissait aussitôt. « Elle se montrait, dit Newton, de la même espèce et sous les mêmes couleurs » que l'air intercepté eût fait voir en ce même lieu : » et cependant ce n'était point de l'air; car les » Bulles de l'air, s'il s'en rencontrait quelquefois, » ne s'évanoüissaient point aussitôt, comme il en » était de cette tache, lorsque les eaux écartées se » rapprochaient. Il faut donc bien que ce phénomène provienne absolument de quelque milieu » plus subtil qui, se retirant à l'approche de l'eau » à travers les pores du crystal, lui puisse céder la » place qu'il occupait : » *proinde reflexio illa ex subtiliori aliquo medio, quod trans vitrum recedendo aquæ adrepenti locum cedere potuerit, orta sit necesse est.* (Lib. 2, obs. 11.) Ainsi il est manifeste, par cette observation remarquable, que les répercussions intérieures et alternatives de la lumière, d'où résulte, selon le corollaire iv de la proposition sixième, le phénomène de la manifestation des cou-

leurs dans les petits espaces, s'accomplissent véritablement dans le subtil fluide de l'éther, qui pénètre le crystal et tous les corps.

134. La nécessité de l'action de ce même fluide éthéré dans les réflexions lumineuses n'est pas moins constante ni moins sûre. En effet, si ce fluide n'était vraiment capable de repousser, et de réfléchir la lumière par son choc, comment donc se pourraient faire dans les étroits intervalles des molécules des corps denses, où les parties seules de l'éther par leur subtilité extrême se peuvent glisser, toutes les réflexions intérieures auxquelles ces corps, très certainement, selon le *quatre-vingt-septième* article, sont redevables des différentes teintes colorées sous l'aspect desquelles ils se montrent? et comment enfin arrive-t-il, ce qui est une preuve des plus fortes, et que je ne pense pas qu'on puisse aisément éluder; comment donc arriverait-il, en ce cas, qu'à la seconde alternative du mouvement intérieur de la lumière dans les petits espaces des minces lames transparentes (art. 82), à une épaisseur de ces lames de trois environ des millièmes parties de la mesure du pouce, la réflexion de la lumière fût totale, comme on l'expérimente par les verres objectifs de télescope (art. 91, n. 3), et qu'elle fût paraître le crystal d'une remarquable blancheur? Car puisqu'il est certain, puisqu'il est hors de doute que l'universalité des corps terrestres sont remplis d'une

multitude de pores, il est certainement inévitable que beaucoup des subtils rayons de la lumière devront heurter, dans ces intervalles vides et poreux, sur les parties éthérées qui s'y rencontrent; et si ces parties n'avaient en effet la puissance de repousser et de faire réfléchir la lumière, et que sa réflexion totale ne se dût jamais accomplir que sur les molécules palpables des milieux, il devrait inmanquablement arriver, au contraire de ce que l'expérience nous atteste, qu'un grand nombre de ces rayons si subtils ne seraient nullement réfléchis, mais qu'ils se transmettraient aisément dans les espaces vides du milieu. Une force aussi extraordinaire de répulsion dans les parties éthérées, dont la subtilité est si grande, ne devra point surprendre l'observateur qui aura porté quelque attention aux phénomènes semblables que le magnétisme et l'électricité nous présentent dans leurs invisibles fluides. (Art. 151.)

Donc enfin la propagation de la lumière, ou ses réflexions et ses répercussions intérieures et alternatives, se font constamment en général par l'intermède du subtil fluide éthéré, dont les corpuscules mobiles et toujours mouvans (art. 126), à cause de leur agitation continue, sont effectivement incapables de leur nature, par le troisième axiome du cent vingt-septième article, d'ajouter ou de retrancher quoi que ce soit à la quantité primitive de sa motion. Telles sont donc les véritables lois de

l'analyse de la propagation de la lumière, ou de la continuation progressive de son mouvement dans la matière subtile et impalpable qui est susceptible de l'acquérir.

COROLLAIRE I.

135. *Que le fluide éthéré et la lumière sont le même élément.*

Nous avons fait voir dans le premier livre, au quatre-vingtième article, que, toutes choses étant égales dans les sept rayons homogènes, leur réfraction, leur réflexibilité et leur vitesse, les intervalles successifs de leurs accès, ou, ce qui est la même chose, les distances de leurs répercussions alternatives dans les milieux où ils se transmettent, ne sont point les mêmes cependant pour chacun d'eux; et qu'il paraissait résulter de cette observation que les grandeurs si diverses de ces intervalles, dans les sept lumières simples, devaient avoir incontestablement leur origine dans une autre cause que celle à laquelle se doit attribuer, dans la réfraction de ces lumières sur une même surface et à une semblable incidence, la diversité des inflexions respectives qu'elles subissent dans leurs petits chemins intérieurs, et de laquelle la diversité de leur réflexion et de leur vitesse dérive, puisque ces grandeurs sont indépendantes en effet de ces inflexions diverses et des phé-

nomènes qui s'ensuivent, c'est-à-dire de tous les accidens quelconques de la réfraction. Or, le théorème précédent venant d'ailleurs de nous démontrer (art. 133) que les petits chocs alternatifs que la lumière subit régulièrement à sa propagation dans les milieux se succèdent constamment par des retours réglés sur les parties agitées de l'éther, la conclusion naturelle que nous en devons inférer est que ces parties éthérées répercutent et font infléchir les rayons à des distances inégales pour chacune des sept lumières simples primitives, ou que les petits atomes de ce fluide qui reçoivent et propagent par leur répercussion chaque différente lumière, ne sont pas à des égales distances respectives les uns des autres. Mais si la masse de ce fluide éthéré ne se composait que de parties tout homogènes et d'une égalité bien parfaite, comment se pourrait-il faire en ce cas que chaque différent rayon coloré ne rencontrât point fort souvent quelqu'une des parties nombreuses de l'éther, où les rayons d'une autre couleur différente, dont les intervalles des chocs ne sont pas les mêmes, se devraient répercuter naturellement selon leur ordre respectif? Et s'il les pouvait en effet rencontrer, comment se ferait-il qu'il n'en fût nullement renvoyé et détourné par un choc réel bien apparent? car effectivement il ne l'est point, puisque autrement il serait rompu par ce choc et repoussé à un intervalle des pulsions qui ne serait point celui qui lui

est propre, et l'ordre immuable et successif des répercussions uniformes de chaque lumière serait de la sorte dérangé et interverti en une manière bien sensible. (Art. 45, prop. 3.) Nous devons donc penser, dans l'évidence de ces incontestables notions, que, par un effet de la similitude et de la coïncidence parfaite des petits mouvemens lumineux et des motions des subtiles parties de l'éther, chacun des rayons homogènes est nécessairement propagé dans les milieux par une espèce distincte et particulière des molécules éthérées, dont la nature, la puissance et la motion s'accordent exactement avec sa nature et sa motion propre : et si une semblable conformité en toutes leurs vertus et leurs circonstances réciproques existe entre eux, il est évident qu'ils ne composent dans le vrai qu'une seule et même matière effective. Donc *le fluide éthéré n'est autre chose que l'élément même de la lumière*, et par suite, selon le corollaire de la proposition précédente, que les deux fluides impondérables du magnétisme et de la puissance électrique.

436. Concevons donc des parties mêmes de cet invisible fluide, ce que nous avons dit au *septantième* article des petits corps lumineux : c'est-à-dire qu'il faut concevoir que la masse mouvante de sa matière, par une inévitable conséquence des impulsions inégales de ses inégales parties (art. 135), se compose de sept diverses séries de petits tourbil-

lons très subtils dont la grandeur relative est différente, et par chacun desquels chaque différente espèce de la lumière est infléchiée et propagée; de sorte que, par une harmonie exquise et exactement mesurée entre les relations de ces différens tourbillons et les mouvemens de chaque lumière primitive, chacune en effet ne puisse rencontrer dans sa course que la partie même de l'éther qui la doit propager et infléchir, sinon seulement à son passage et à la rupture première de ses rayons dans un milieu différent, où l'ordre et la grandeur de ces petits tourbillons éthérés ne sont plus les mêmes. L'insuffisance des principes de ce *septantième* article du premier livre (que l'on doit restreindre aux limites que cette explication lui assigne), si on les appliquait uniquement, comme il paraîtrait naturel, aux chocs respectifs des corpuscules de la lumière réfractée, se montre bien dans une évidence manifeste par le seul fait de la réfraction isolée de l'un des rayons simples dans un prisme; car si ce n'étaient, comme il semble que ce même article le suppose, que les impulsions attractives des différens rayons homogènes et leur action réciproque les uns sur les autres, qui fussent l'essentielle et la nécessaire cause pourquoi, à leurs transmissions obliques dans les milieux, les rayons rouges, par exemple, se devraient réfracter toujours en un degré moindre que les jaunes, d'où viendrait donc que si l'on reçoit séparément

dans un second verre prismatique chacun des rayons simples de ces deux couleurs, leur réfraction encore, malgré l'absence de toute impulsion réciproque qui les mût, demeurerait la même (art. 95, *exp.* 5), et que les rayons jaunes constamment seraient réfractés par l'action du prisme avec une inflexion plus forte que les rouges? Il faut donc bien reconnaître dans ce phénomène un second principe, inhérent au milieu, par qui le rayon est reçu et qui le réfracte; et ce principe, je le viens de dire, est dans la constitution même de l'éther, de laquelle il résulte que chaque différent rayon n'est pas répercuté dans les milieux par les mêmes parties du fluide qui répercutent et propagent chacun des autres, mais nécessairement par des parties différentes, et qui jouissent aussi d'un différent mouvement, lequel s'accorde exactement avec les motions de ce même rayon.

COROLLAIRE II.

137. *Que l'inflexion de la lumière dans sa transmission oblique par un milieu nouveau, autrement nommée sa réfraction, dépend des espaces plus ou moins resserrés en lesquels les petites parties mouvantes de l'éther sont retenues, c'est-à-dire qu'elle dépend des intervalles de ces parties, suivant les lois de la proposition première. — Illustration des propositions 1^{re} et 11^e.*

Lors même que nous ne connaîtrions point déjà,

par les démonstrations précédentes, que l'éther, à cause de l'agitation continuelle qui lui est propre, ne pouvant donner aux rayons ni en recevoir aucune quantité sensible de motion, est éminemment le principe de la propagation lumineuse dans les corps (art. 134), il serait encore bien certain, puisque ce fluide, par sa nature élastique, expliquée au *cent vingt-sixième* article, remplit les moindres espaces de tous les milieux où la lumière se propage, que ce sont ses subtiles parties qui présentent à tous les rayons naturellement les derniers ou les plus petits intervalles où leurs motions se puissent transmettre, chacun des intervalles poreux des divers autres milieux plus grossiers contenant toujours quelques-uns de ces plus étroits intervalles du fluide de l'éther : et ainsi, en dernière analyse, on est toujours conduit à le considérer uniquement comme le milieu primitif où toutes les réfractions lumineuses se doivent de nécessité accomplir. C'est donc exclusivement des parties mobiles de ce subtil milieu éthéré qu'il faut entendre ce que nous avons dit en général, à la proposition seconde et dans les différens corollaires qui en découlent (art. 22), de l'action intérieure des milieux dans les réfractions de la lumière : et c'est aussi par conséquent des intervalles de ces mêmes parties de l'éther que nous devons comprendre, au théorème de la proposition première, que plus elles sont resserrées en des espaces étroits ou rapprochées

entre elles mutuellement, plus aussi elles doivent infléchir les rayons avec une force marquée; et elles le sont essentiellement d'autant plus, que les intervalles des corps qu'elles remplissent et où elles se meuvent sont plus rétrécis et moins spacieux.

Si l'on demande la raison mécanique pourquoi, ce qui ne semble pas naturel, la subtile matière éthérée est plus condensée ou plus abondante dans les corps précisément qui ne laissent à ses parties mouvantes que de moindres espaces; c'est sans doute que, se heurtant souvent dans ces mêmes corps contre leurs molécules immobiles très rapprochées, cette subtile matière trop gênée, par l'agitation interne qu'elle leur transmet, perd respectivement davantage de sa motion propre, et que, se repoussant l'une l'autre par conséquent avec une force moindre, ses parties se doivent aussi écarter moins les unes des autres et se rapprocher de plus près. (P. N. art. 85.) Cette théorie est directement opposée à la doctrine que Newton propose à la question dix-neuvième de son Optique, que la matière éthérée serait au contraire plus compacte et plus ramassée dans les espaces les plus libres et les plus dégagés des milieux : *annon mediū hujusce densitas major est in spatiis liberis et apertis..... quàm intrā aquæ, vitri, crystalli, gemmarum, aliorumque corporum densiorum?* p

138. La façon d'ailleurs dont agissent sur les

différens rayons ces subtiles parties éthérées, est absolument la même que celle que la proposition première a fait connaître d'une manière générale dans les particules des corps épais où se brise et s'infléchit la lumière, comme si ces particules infléchissantes étaient en effet celles mêmes dont la matière épaisse de ces corps se constitue : c'est-à-dire qu'elles devront transmettre les rayons dans une quantité inégale par chacun des deux côtés opposés des intervalles réfringens qu'elles forment entre elles, ou qu'elles les transmettront en abondance plus grande, suivant la nature de cette transmission inégale que la proposition troisième a expliquée dans son corollaire unique, par leur alternative du mouvement direct à la surface, que par l'alternative opposée. En effet, quelle que puisse être la figure des petites parties de l'éther, il n'est nullement douteux qu'étant douées, comme elles le sont réellement (art. 126), d'un rapide mouvement circulaire ou de tourbillon, elles devront recevoir les rayons, comme il en serait d'un corps d'une sphéricité bien égale, sous toutes les incidences possibles; et partant il s'en devra rencontrer toujours de nécessité un plus grand nombre qui pénétreront dans l'intervalle CD (fig. troisième) par le côté D, que par le côté C opposé, qui les reçoit dans une inclinaison plus oblique. Car si cela n'était pas, et que les répercussions de la lumière sur les parties mobiles éthérées se faisant

daus un seul et unique sens, constamment le même, sa transmission fût égale sur ces parties et aussi abondante précisément dans l'une de ses alternatives que dans l'autre, comment donc arriverait-il en effet, puisque la généralité des rayons que les milieux transmettent ne s'y propagent, suivant cette neuvième proposition, que par les répercussions seules de l'éther (art. 132), que la lumière serait transmise cependant en quantité notablement plus grande, d'après le *quarante-sixième* article de cette Analyse, dans l'un de ses accès alternatifs que dans l'accès contraire?

Scolie.

139. *L'éther répercute donc la lumière en tous les sens* (art. 138), *et il la transmet pour cette cause, et en raison de sa facilité à céder contre le choc des rayons, dans une abondance respectivement plus grande par l'alternative de son impulsion directe que par la contraire de cette même alternative*, d'après les lois générales des transmissions lumineuses qui ont été définies dans le corollaire de la proposition troisième du premier livre (art. 46). De là vient que les corps terrestres universels, illuminés des rayons de la clarté du jour, se font distinguer à la vue en quelque position que ce soit qu'elle les considère. Mais pourquoi la surface tran-

quille d'un étang, et ces mêmes corps dès qu'ils sont polis, ne renvoient-ils alors la presque totalité de la lumière, comme s'ils la recevaient uniquement sur des surfaces unies et exactement planes, que dans le sens même où elle leur parvient et où elle les frappe, c'est-à-dire avec un angle de réflexion qui est toujours égal et opposé à l'angle primitif de son incidence sur ces corps? C'est une question que déjà le *soixante-cinquième* article du premier livre avait entrepris de résoudre. Mais il est constant à tout esprit judicieux que la démonstration qu'en a essayée cet article, quelque exacte d'ailleurs qu'elle pût être, devient maintenant insuffisante, dès qu'il est une fois reconnu que la réflexion de la lumière, au moins en sa très grande partie (art. 134), ne se fait pas sur les molécules mêmes qui constituent la substance solide des corps terrestres. Il importe donc de reprendre ici de nouveau en son entier la discussion de ce point important de l'optique.

La première chose qui doit fixer d'abord notre attention en ce phénomène, c'est que les miroirs ne réfléchissant point vers nos yeux la propre image de leur substance intime même, mais celle-là seule des différens objets dont ils ont reçu la lumière diversement modifiée, il est certain qu'ils n'exercent visiblement sur les rayons aucune action quelconque qui soit sensible, non plus, à la vérité,

que s'il ne les réfléchissaient point par les propres parties de leur substance, ou par l'éther du moins dont les petits espaces de ces parties sont tout remplis, et dont la réflexion naturelle, par les principes du *cent trente-quatrième* article, les fait discerner à la vue quand ils sont mats et sans le brillant du poli. Nous savons, en effet, par le scolie de la proposition sixième du premier livre, article 86, que les couleurs de nul des corps opaques ne deviennent sensibles et apparentes que par une réfraction effective de la lumière dans l'intérieur même de leur substance solide; et cette réfraction nécessaire, qui se fait en les espaces extrêmement resserrés de petits milieux dont les surfaces réfringentes ne sont point parallèles, ne peut manquer bien sûrement de modifier, par une disposition toute spéciale et appropriée intimement à chaque corps, les rayons simples du jour qui la subissent; et ils doivent ainsi nous parvenir, en se réfléchissant de leurs surfaces, dans un ordre différent de celui qu'ils observaient avant cette réfraction qui les détourne, en supposant d'ailleurs que tous les rayons réfractés, ce qui n'arrive que dans les seuls corps qui, comme les métaux (art. 89), font éclater à la vue la blancheur remarquable du premier ordre, soient réfléchis ensuite et émis de nouveau hors du milieu coloré qu'ils éclairent : ces rayons, ainsi modifiés ou intervertis dans leur primitif ordre, ne pourront plus

assurément nous dépeindre l'image première des objets d'où ils avaient d'abord été transmis, mais ils nous dépeindront les images de ces mêmes corps dont ils ont reçu en dernier lieu l'action particulière modifiante. Mais les miroirs, par une propriété réflexive toute différente, nous réfléchissent au contraire, sans nulle modification qui soit sensible, une image distincte et bien ressemblante des objets d'où leur sont transmis les rayons qu'ils répercutent vers nos yeux : il faut donc qu'ils n'exercent vraiment sur ces rayons aucune action propre quelconque, comme si la lumière, dans la réalité, effleurait à peine ou même ne touchait point leurs superficies extérieures : cette lumière, voulons-nous dire, qui s'y réfléchit, sans modification nouvelle ni subversion dans son ordre, par une répercussion uniforme et très régulière de ses rayons ; car il y a toujours, comme en tous les corps (art. 46), sur les miroirs même les mieux polis, une autre portion de la lumière qui, arrivant sur leurs claires surfaces bien unies dans les intervalles ou les vides des parties solides qui les composent, ou bien s'insinue dans leur substance et par des réfractions intérieures en rend manifeste la couleur, ou bien se brisant sur les angles divers de ces vides, ou sur les parties éthérées dont sont entourés ces mêmes angles, en est dispersée de toutes parts très inégalement en une irrégulière

façon. C'est par cette faible lumière qu'ils dispersent, comme l'observe Newton, à la partie quatrième de son second livre, « que leur surface polie éclairée, » dans un cabinet fort obscur, d'un rayon du soleil, » se peut distinguer aisément à toutes les positions » diverses où on les regarde ; » et c'est par elle encore que s'expliquent, dans une théorie naturelle, les apparences des couleurs que les miroirs sphériques font paraître dans ces cabinets ténébreux (art. 95 et 96). Cette dispersion de la lumière en tous les sens est l'une des causes principales de l'affaiblissement qu'elle éprouve dans sa clarté, après sa réflexion sur toute surface, quelque polie qu'elle soit ; « car nous savons, dit Buffon, par les expériences, » que la lumière en général perd environ moitié » par la réflexion sur une surface bien polie. »

Mém. sur la tempér. des plan.

140. De tous ces faits il est constant que la lumière par laquelle se dépeint sur les corps exactement polis une image aussi nette et aussi distincte des objets dont leur sont transmis les rayons, *ne nous est réfléchie uniquement que par leur première surface extérieure* ; car nous venons de voir (art. 139) que tous les rayons qui auraient pénétré quelque peu dans la substance intime de ces corps seraient intervertis véritablement de leur primitif ordre, et que, contractant ainsi dans leur réflexion vers la vue un mode nouveau, ils ne

pourraient plus nous dépeindre l'image première de l'objet d'où ils avaient d'abord été émis, et nous devraient transmettre celle-là seule du corps poli qui en dernier lieu les renvoie.

Mais pour que cette réflexion, que nous reconnaissons s'opérer sur la surface supérieure du corps poli, soit aussi exactement régulière que l'expérience le démontre, il est sans doute essentiellement nécessaire, comme nous l'avons déjà observé au *soixante-cinquième* article, que les parties, quelles qu'elles soient, qui répercutent sur cette même surface les traits du jour, soient toutes régulièrement unies et bien égales : c'est-à-dire qu'il est nécessaire, pour qu'une réflexion si uniforme se puisse accomplir, que les corpuscules éthérés où nous devons comprendre qu'elle s'effectue, *ayant leurs faces latérales parfaitement planes, glissent eux-mêmes, sans rotation aucune, sur les côtés plans et unis des molécules solides et plus grossières dont nous avons fait voir, en ce même article que nous citons, que se doit composer la surface de toute substance que le poli a préparée.* Il n'est point douteux, en effet, que si les parties éthérées réfléchissantes, au lieu d'être planes et égales, comme nous établissons qu'elles doivent être, avaient leurs côtés courbes et sphériques, ou bien si réciproquement, ayant leurs côtés plans et égaux, elles se mouvaient d'ailleurs sur elles-mêmes d'une rotation très vive,

recevant ainsi les rayons sous des inclinaisons très diverses, elles les devraient de même réfléchir sous de différens angles; et ces rayons ne conserveraient plus évidemment dans leur situation respective l'ordre primitif qu'ils observaient d'abord, et à la conformité duquel est attachée sur le poli du miroir la représentation fidèle des objets qui s'y dépeignent. Nous en devons donc inférer avec raison, non-seulement que les petits côtés des corpuscules de l'éther, comme je le viens de dire, sont tous égaux et unis, mais que, par cette disposition que nous avons reconnu que communique le poli aux molécules constituantes des divers corps, ces parties éthérées en général glissent aisément et sans tournoyer du tout sur elles-mêmes, comme il est d'ordinaire qu'elles le fassent dans leurs motions (art. 126), le long des surfaces unies de ces corps, auxquels le poli a donné la vertu lumineuse des miroirs.

Cette opinion, comme je l'ai remarqué au premier livre (art. 65), se trouve confirmée indirectement par l'observation, bien connue de tous les physiciens, que l'un des caractères distinctifs des cristaux, comme celui des autres corps polis pour la plupart, est de présenter aux rapides torrens électriques un écoulement facile sur l'égalité de leurs surfaces. Mais il ne faut point que s'arrêtant à cette idée primitive, et qui n'est purement que générale, d'une propriété électrique dans ces corps, on en conclue, par une

induction trop vague et qui ne préciserait rien, que les courans invisibles du mobile fluide éthéré, en glissant sur la surface unie de la matière des cristaux, seraient capables, par leur motion directe très rapide, et quelle que soit leur forme, de faire réfléchir en effet, dans cette égalité si exacte que l'expérience nous démontre, les rayons incidens de la lumière, avant même, comme Newton le croyait, qu'ils fussent parvenus sur la substance et dans les intervalles de ces corps, où ils se devraient réfracter, et de même approchant, pourrait-on dire, que rebondit sur le courant des eaux la pierre qu'on y a lancée obliquement. Une explication aussi vague est manifestement insuffisante; et elle est même d'ailleurs inexacte, puisque la lumière, plus subtile incomparablement que n'est une pierre relativement à l'eau qu'elle vient heurter, comme elle se répercute exclusivement sur les derniers corpuscules de l'éther qui la réfléchit, lorsque la pierre ne fait simplement qu'effleurer la masse totale de l'eau où elle se meut, il faut de plus, comme nous le venons d'établir, pour que sa répercussion soit uniforme comme celle de la pierre sur le courant de cette eau, qu'elle ne se brise sur les écoulemens éthérés que dans une certaine incidence, c'est-à-dire sur les côtés unis et également inclinés de leurs parties. Ainsi, par la dispersion en tous les sens des corpuscules de lumière qui se heurtent dans toutes les inclinaisons

possibles sur les petites parties tournoyantes d'un rayon qui traverse par les voûtes éclairées d'une salle (art. 58), ou qui dans le lointain se répand par l'ouverture de la nuée, ce rayon fait paraître dans la longueur de sa course une trace lumineuse irrégulière, qui de loin le fait discerner à la vue; car son torrent répercute en tous les sens, comme le ferait une réunion de petits corps bruts et non polis, les atomes de lumière qui lui arrivent, à cause du tournoïement de ses parties, sous toutes les variétés de l'incidence.

Je crois donc, pour ces différens motifs, pouvoir établir pour certaine cette conclusion, que la réflexion si égale de la lumière sur la surface polie des miroirs, si elle ne se fait point, selon l'article 65, sur les côtés plans et unis des élémens terrestres de leur substance, *se doit accomplir du moins en général*, comme par une sorte de propriété électrique de ces corps, *sur les faces égales et exactement planes de l'éther, dont les petites parties glissent librement, sans tourner du tout sur elles-mêmes, sur les côtés plans et égaux de ces mêmes élémens terrestres que le poli a disposés uniformément en une façon régulière.* Ainsi, tous les corps de la nature qui sont susceptibles du poli, je veux dire ceux dont les élémens constitutifs ont leurs côtés plans et égaux, quelle que soit d'ailleurs la diversité de leurs teintes, devront présenter tous à la vue indis-

tinctement ce même phénomène de réflexion : et une lame d'or bien polie, malgré le reflet jaunâtre qu'elle communique aux images des objets divers qu'elle répète, à cause sans doute de ceux des rayons du jour qu'elle reçoit, qui, pénétrant par les intervalles vides de sa substance, en subissent la réfraction intérieure et colorante (art. 139), ne le possède pas au réel en un moindre degré que l'acier même.

COROLLAIRE III.

141. *Que la plus grande force de la réfraction que le cinquième article a fait connaître dans les milieux combustibles vient de ce que la matière éthérée, plus abondante en les petits interstices de ces milieux, s'y met nécessairement en des espaces plus resserrés, et que ses intervalles par conséquent, selon l'article cent trente-septième, y sont respectivement plus étroits.*

Cela se conclut, par une induction générale, des phénomènes ordinaires du magnétisme, qui ne s'observent effectivement que dans les corps d'une propriété combustible, et particulièrement dans les métaux, et de ceux aussi que l'électricité nous présente par son attrait apparent pour ces mêmes corps. On a reconnu en effet dans ces derniers temps, en exposant à l'influence d'un aimant de petites aiguilles de différentes matières, suspendues à un léger fil de soie, et en comparant les oscilla-

tions respectives que fournissait chacune d'elles en un temps donné, que la plupart des substances terrestres, comme le bois, le plomb, le papier, la terre argileuse et la gomme, présentaient, dans un degré inégal, quelque indice de la vertu magnétique; et M. Coulomb, qui en fit le premier l'expérience, a pensé qu'on en devait inférer naturellement que ces substances contenaient toutes, en une inégale quantité, quelques parcelles de la matière métallique de l'acier. Cette existence du fer dans la généralité des substances est sans contredit bien hasardée et bien incertaine; et il nous paraît plus probable et plus conforme à la saine raison et à l'expérience qu'elles ne doivent cette propriété magnétique, qui est différente dans chacune, qu'à leur degré divers de combustibilité, c'est-à-dire à la quantité différente des parties combustibles et éthérées que ces substances peuvent receler dans leur sein.

D'un autre côté, nous voyons que différentes matières, et en particulier les résines, deviennent susceptibles, par un frottement rapide et continu, d'attirer les substances légères qu'on en approche; et l'on peut remarquer que les substances qu'elles attirent ainsi avec facilité, comme le papier, les brins de paille ou les barbes d'une plume, sont du nombre de celles qui brûlent et jettent abondamment de la flamme, c'est-à-dire, selon l'article *cent tren-*

tième, qui renferment dans leurs élémens plusieurs des subtiles parties de l'éther, dont l'émission et l'élançement produisent les rayons directs de la lumière. Je me souviens même d'avoir lu, dans un écrit périodique, qu'on a reconnu il y a peu la possibilité de confectionner avec de la paille, de même que par les matières métalliques, les conducteurs de l'électricité qu'on a nommés vulgairement des paratonnerres; et Franklin rapporte, dans la seizième lettre de son recueil, qu'un de ses amis fit l'expérience que les courans de cette subtile matière se répandaient plutôt par un circuit de vingt pieds le long d'un fil d'archal, que de traverser directement dans un canal d'eau une étendue moindre de moitié, de même que, lorsqu'une trace liquide a été marquée sur une table irrégulièrement, l'eau qu'on verse ensuite sur cette table en parcourra plutôt les détours que de s'ouvrir directement une route nouvelle.

142. Ainsi, de tous ces faits positifs, nous croyons pouvoir inférer avec certitude que la matière éthérée agit par une action plus spéciale, et qu'elle se porte dans une abondance plus grande sur les substances ignées ou combustibles. La raison en est que ces substances, toutes remplies de parties nombreuses volatiles et qui sont susceptibles de prendre flamme, contiennent, dans leurs élémens constitutifs, quelque portion de cette même matière éthérée; car c'est

un principe constant de la physique, que chaque élément agit d'une manière puissante et plus spéciale sur les élémens homogènes qui lui sont semblables. (P. N., art. 21.) La masse invisible de l'éther, qui, remplissant tous les pores des différens milieux, est généralement, comme on l'a vu au *cent trente-septième* article, la véritable cause de toutes les réfractions de la lumière, se rencontrant donc, par cet effet d'attraction, dans une plus considérable abondance en ces substances onctueuses, les subtiles parties de ce fluide s'y sont trouvées aussi nécessairement plus rapprochées les unes des autres, leurs intervalles y ont été moindres, et partant, selon le troisième principe de la théorie naturelle des inflexions, exposée à l'article *seizième*, la force dont elles devaient agir sur les rayons a dû s'accroître constamment suivant le même rapport, et la réfraction lumineuse devenir plus grande. Donc *la puissance plus forte de la réfraction dans les substances combustibles, procède naturellement de l'abondance plus grande de la matière éthérée qui remplit les intervalles vides de ces milieux*, comme on voit s'étendre sur un métal les globules brillans du mercure, qui ne s'étendent point sur le verre, lorsqu'une goutte d'eau au contraire s'y étend et ne s'étend pas sur le métal. Et lors même que ces raisons d'attraction ne paraîtraient point suffisantes à quelques-uns, pour établir en toute sa plénitude la

démonstration du théorème, la vérité s'en montrerait encore évidemment par les seules lois des impulsions mécaniques; puisque les tourbillons de la matière céleste ou éthérée, agitant avec une facilité bien plus grande les petites parties volatiles que les combustibles renferment, que les molécules plus épaisses des divers autres corps, leur doivent aussi communiquer par leur choc une force motrice supérieure, et en retenant eux-mêmes une quantité moindre, leurs subtils atomes se devront repousser réciproquement d'une puissance plus faible et s'écarter moins, comme je l'ai dit, les uns des autres. (Art. 137.)

Si l'on prétendait nier cette explication de la vertu réfractive des corps huileux et combustibles, il faudrait donc maintenir nécessairement, pour en rapporter tout le phénomène aux réfractions ordinaires des milieux denses suivant l'exakte proportion de la quantité absolue de leur matière, que les diamans, pour n'en citer ici qu'un exemple, puisque leur réfraction est plus forte que ne comporterait leur densité, contiendraient en effet plus de matière dans leur substance intérieure que cette mesure spécifique ne le paraîtrait indiquer; ce qui, par la nature essentielle de la pesanteur, qui suit la raison directe des surfaces (P. N., art. 55), ne se pourrait faire qu'autant que leurs molécules constitutives auraient moins de surfaces en total qu'elles

n'en devraient avoir respectivement pour cette quantité de leur matière, c'est-à-dire qu'autant qu'elles seraient plus grosses et plus massives (P. N., art. 45) que celles des autres cristaux du même poids dont la réfraction proportionnelle est plus faible (art. 5). Mais cette supposition n'est nullement probable ni admissible, puisque le diamant, qui est une substance toute combustible, renferme au contraire des parties subtiles et volatiles que les cristaux communs ne contiennent pas. Donc la vertu réfractive de ces corps ne provient pas de la quantité effective de leur matière solide, ou du rétrécissement de leurs pores, comme il en est, par le *cent trente-septième* article, de la généralité des autres corps réfringens, mais absolument d'une autre cause, qui a son principe essentiel dans cette propriété qu'ils ont éminemment d'être combustibles.

143. L'inverse de cette démonstration nous montrera que si la matière éthérée, comme cela paraît être par les trois phénomènes de la réfraction, de l'électricité et du magnétisme, s'amasse toujours très naturellement, par une conséquence nécessaire de cette loi de la physique universelle, que chaque élément attire puissamment son semblable, ou qu'il exerce sur son semblable une action spéciale très marquée, dans une abondance sensiblement plus forte à l'entour et dans les espaces vides des substances qui contiennent, mélangées parmi les élé-

mens qui les composent, des parties sulfureuses et volatiles, que non pas dans les diverses autres substances qui ne sont en aucune façon combustibles, il doit être aussi hors de doute, il doit être hors de contradiction que le principe de la combustibilité de ces substances onctueuses, pour me servir ici des expressions de nos chimistes, a une affinité très grande avec cette matière même de l'éther, ou que l'éther, dans la réalité, *est le vrai principe de la combustibilité de tous les corps*. L'éther est véritablement ce principe, puisqu'il n'y a, selon l'article *cent trentième*, aucune substance combustible qui ne l'émette et ne l'élançe en effet, dans le phénomène de l'ignition, sous la forme de son mouvement rapide et lumineux; car si ces corps ne recélaient point dans le vrai sa chaude matière, comment donc la pourraient-ils darder de la sorte dans l'ignition?

Scolie.

144. Cette connaissance des rapports et des attractions réciproques des corps terrestres et de la matière éthérée, nous peut conduire à l'intelligence facile de plusieurs faits qui ont leur cause primitive dans cette matière. Ainsi s'explique d'une manière simple la *déviatiou* que l'aiguille aimantée éprouve à la proximité des mines, et quelquefois par les

rayons directs du soleil, par un courant d'une vapeur chaude, ou bien l'approche d'un orage; de même que sa *déclinaison* ordinaire vers la partie du globe qui dans son voisinage est la plus dense (art. 137), et où les courans électriques, qui se répandent, comme les courans de l'air et ceux en général de toutes les liqueurs, des régions où leur matière est la plus rare vers celles où elle est au contraire plus condensée, doivent nécessairement prendre leurs cours. C'est de là aussi que procède l'*inclinaison* qu'on observe en cette même aiguille dans les contrées proches des pôles, lorsque sa position sous l'équateur est constamment toute horizontale : car la matière magnétique, comme celle de l'air, s'écoulant, par la loi générale de l'équilibre, des régions équinoxiales raréfiées aux climats glacés et plus denses des deux pôles, avec une pente naturelle très considérable, doit faire incliner sensiblement, par cette inclinaison où elle s'écoule, l'aiguille aimantée qu'elle dirige; et ce qui confirme davantage cette explication simple et naturelle, quand les frimats, par leur intensité, diminuant le mouvement interne des fluides (P. N., art. 58 et 85), font resserrer et rapprocher les unes des autres leurs petites parties plus condensées, et que la liqueur baisse dans le thermomètre attiédi, l'aiguille aimantée en ces régions froides, entraînée par des courans plus rapides, s'incline progressivement sur

sa ligne, et elle remonte lorsque le thermomètre remonte avec la température échauffée, parce que l'inclinaison de ces courans et leur violence deviennent alors moindres à proportion. L'opinion que cette direction générale des subtils courans magnétiques serait causée par la puissance impulsive de la force qu'on a nommée centrifuge, laquelle serait capable incessamment d'entraîner des régions polaires à l'équateur une masse considérable des corpuscules éthérés, ne nous paraît pas aussi probable ni aussi bien constatée que la théorie nouvelle que cet article propose.

On pourrait encore remarquer de cette étonnante liqueur, en la considérant dans son impulsion universelle de la gravité (art. 126), qu'agissant, comme toutes les forces mécaniques ont accoutumé d'agir, suivant la quantité des surfaces, et réciproquement de la matière, elle a dû faire par son action puissante sur tous les corps, que la partie la plus dense et la plus solide de notre globe, qui est visiblement le pôle arctique, a été celle qui, au périhélie de la planète, s'est approchée le plus près du corps central du soleil; et peut-être n'y a-t-il point d'autre cause originaire de l'inclinaison de l'axe terrestre dans son orbite, que cette inégalité même de pesanteur entre les deux pôles de la terre.

COROLLAIRE IV.

145. *Que la réflexion de la lumière, à ses changements de milieu, a sa cause dans la répulsion des nouveaux tourbillons éthérés qu'elle heurte; avec la motion desquels le mouvement premier qu'elle avait dans le précédent milieu ne s'accorde plus; et que l'absence de toute réflexion sensible, dans sa propagation au même milieu, provient de cette harmonie coïncidente de son mouvement avec celui des parties éthérées qui remplissent les intervalles de ce milieu.* — Illustration de la proposition v°.

Les réflexions de la lumière ne se peuvent expliquer d'une manière bien nette et sans des difficultés fort nombreuses, et qui me paraissent insurmontables, par la simple répercussion des parties terrestres des corps : les phénomènes y répugnent absolument; car en outre de ce qui a été observé au *cent trente-quatrième* article, de l'action manifeste de l'éther dans les réflexions lumineuses, elles ne suivent point, comme la proposition cinquième l'a fait voir, la raison de la solidité des corps ou de la quantité de leur matière, et par conséquent elles n'en dépendent point : mais elles suivent toujours la proportion constante de l'inégalité des chemins d'où la lumière passe, et où elle se va propager; et comme, par le théorème général de la proposition d'où ce corollaire découle, cette propagation ne se

fait que dans les tourbillons éthérés, il est évident par là que les réflexions de la lumière sont *constamment proportionnelles à l'inégalité des petits mouvemens de ces tourbillons dans les différens milieux où elle passe*. C'est en vain qu'on en voudrait chercher une autre cause, et les théories du cinquante-sixième article du premier livre, quoique vraies dans les inégalités qu'elles représentent entre les petits chocs lumineux, sont manifestement insuffisantes pour expliquer cette règle que suit invariablement la réflexion.

Nous ne devons donc voir, au réel, dans ce phénomène lumineux, que la diversité seule des petits mouvemens de l'éther dans les divers milieux réfringens, d'où nécessairement il résulte que la lumière, lorsqu'elle arrive dans les passages différens d'un nouveau milieu qui la reçoit, se heurtant en un sens qui contrarie son mouvement sur les tourbillons éthérés que ce milieu nouveau lui présente, et qui ne sont pas disposés en la même façon que l'étaient ceux du milieu premier d'où elle vient, en est repoussée naturellement à peu près comme deux aimans se repoussent, ou, pour n'exprimer d'une manière plus juste et plus exacte, elle en est repoussée suivant les lois de la proposition première, appliquées par le cent trente-huitième article à ce fluide subtil de l'éther, comme si les faisceaux lumineux se venaient rompre sur une multitude de

petits corps solides et tout-à-fait distincts les uns des autres. Mais une fois que la lumière, s'accommodant à ces nouveaux passages, a pénétré dans le milieu qui l'arrête, et où ses rayons aussitôt, comme l'a fait voir le *cinquante-septième* article du premier livre, ont contracté en effet une nouvelle marche, et que ses motions, de la sorte, ainsi que je l'ai dit (art. 135), par une nécessité de l'inflexion spéciale de ce milieu, se sont conformées aux mouvemens des tourbillons éthérés qui s'y agitent, comme elle ne heurte plus alors que dans un sens convenable et constamment le même sur ces parties mouvantes de l'éther, elle doit continuer progressivement de s'y transmettre en une manière uniforme, sans aucune réflexion qui soit sensible; et la répercussion des rayons sur ces parties, que ne trouble ni ne dérange aucune cause, aucune action nouvelle, s'y doit conserver uniformément toujours égale, ainsi que l'expérience constante nous l'atteste (art. 39). Nous disons qu'il n'y a vraiment aucune cause qui puisse troubler ni interrompre, en quelque manière que ce soit, cette inflexion primitive que la lumière, à son émission nouvelle dans le milieu, a dû contracter nécessairement; car si quelques-uns de ses rayons, je suppose, venaient à heurter contre les parties plus grossières du milieu terrestre, et en admettant qu'ils ne perdissent point dans ce choc tout leur mouvement lumineux, qu'il en dût résulter dans le fais-

ceau quelque impulsion surabondante qui tendit à le faire infléchir diversement, ce serait toujours le même effet que la lumière déjà aurait éprouvé en pénétrant d'abord dans ce milieu, et sous l'influence duquel aurait été contractée cette même inflexion primitive : ainsi, toutes choses demeurant égales dans le faisceau, un égal effet en doit partout résulter.

146. Mais encore qu'il soit très certain que ce phénomène de la réflexion a toute sa cause dans la diversité seule des chemins que la lumière rencontre en les différens milieux où elle passe, puisqu'on expérimente que sa dispersion est la même dans son passage du crystal au milieu rare de l'air, que de l'air même au crystal (art. 59), il n'est pas moins certain également, par le *cent trente-septième* article, que la quantité effective de la matière dont ces chemins se composent, et où la lumière se vient rompre, est très inégale en effet dans ces milieux divers. Il faut donc bien que cette constante égalité d'action que l'éther exerce dans les réflexions lumineuses, malgré l'inégalité bien sensible de sa matière, procède indubitablement en cette matière d'une égalité relative de puissance dans toutes les variétés diverses des milieux; c'est-à-dire qu'il faut reconnaître de là que ce léger fluide raréfié jouit vraiment d'une force impulsive toujours plus grande, en la même proportion précisément de ce qu'il est plus rare. C'est effectivement ce qui se démontre par la

nature générale de toutes les substances en liqueur (P. N., art. 85 et 247), desquelles il a été prouvé autre part que la matière a plus de densité respectivement, suivant que l'action impulsive dont ses petites parties se repoussent (art. 126) : a moins de force ; et c'est ce qui a lieu en particulier pour le fluide très rare de l'éther, comme l'a enseigné, dans un précédent théorème, le *cent trente-septième* article déjà cité. Tel est pareillement le principe de cette universelle loi du plein relatif de tout l'espace, par laquelle nous expliquions, au *soixantième* article de cette Analyse, une égalité aussi constante dans les réflexions des divers corps.

147. Il est une remarque non moins utile sur les répercussions intérieures des milieux qu'il importe encore, avant que de conclure ce théorème, de ne pas omettre dans l'analyse, pour la complète illustration du *vingt-neuvième* article du livre premier. C'est à savoir que cette déviation que fait éprouver aux rayons, dans leur propagation intérieure, le choc uniforme des particules de l'éther, outre qu'elle n'est point du même genre que la rupture que les répercussions inégales des parties grossières du milieu pourraient occasioner dans leurs motions (art. 132), est surtout essentiellement différente de l'inflexion générale qu'ils éprouvent, par les irrégularités de leurs chocs, à leur passage dans un milieu nouveau. Celle-ci agit en effet, d'après

l'article *quinzième*, sur la masse entière du faisceau par les impulsions réciproques des rayons : et les déviations intérieures n'ont lieu au contraire qu'isolément sur chacune en particulier de ses parties, qui se viennent heurter, selon leur couleur, à des intervalles inégaux (art. 135) sur les corpuscules subtils des tourbillons de l'éther; et comme ces légers corps éthérés se meuvent, par le *cent vingt-sixième* article, d'un mouvement très prompt et circulaire, et que la direction lumineuse porte constamment les rayons en des lignes droites, du conflit de ces deux mouvemens combinés il a dû résulter naturellement que la lumière, renvoyée chaque fois obliquement dans ses répercussions successives, s'est mue en sa propagation dans les corps comme d'un mouvement rompu et en zig-zag. Ces déviations intérieures que chaque rayon partiellement subit de la sorte dans sa propagation au même milieu, sont donc absolument d'un autre genre que l'inflexion primitive et générale qui a été nommée leur réfraction, et qu'ils ont tous éprouvée par une action commune à leur première émission dans le milieu; puisque d'ailleurs tout le faisceau des rayons s'est fléchi ici comme d'un seul mouvement au même endroit de leur course, au lieu que, dans les répercussions intérieures, ils se fléchissent chacun isolément à des endroits très opposés et sans aucun rapport les uns aux autres, comme il est démontré

assez clairement par la théorie entière des couleurs, et comme le représente, dans un tableau synoptique, la figure douzième de ce Traité.

Il est vrai cependant que cette inflexion générale d'où la réfraction résulte a influé d'une manière très directe sur les répercussions intérieures qu'ont éprouvées ensuite les rayons; car il n'est point douteux que le premier mouvement RT (figure douzième) de l'impulsion lumineuse dans le milieu a dû être inévitablement déterminé par l'action infléchissante de la surface, dans la révolution que l'article cinquante-septième nous a fait voir qui s'opérait à cette émission première du rayon. C'est pour cette raison que le vingt-neuvième article, que celui-ci confirme en l'expliquant, a établi que le premier changement de sa direction intérieure que subissait le rayon dans un milieu nouveau où il passait, était le résultat immédiat de l'inflexion; et le corollaire troisième de la proposition seconde, qui a suivi cet article, a démontré que ce changement primitif des petits chemins intérieurs était proportionnel en tous les cas à la puissance respective de la réfraction. Mais pour ce qui est d'ailleurs du principe même de ces motions intérieures, il n'en demeure pas moins certain, par ce qu'on vient de dire, qu'une telle action infléchissante, dérivée de l'inégalité de la transmission, ne se renouvelle plus dans l'étendue égale d'un même milieu.

Et de là se peut conclure encore que la répercussion des rayons est bien faible, si toutefois elle existe, sur les parties massives de ces milieux, et que ce n'est pas bien certainement dans cette répercussion des parties sensibles des corps que la réfraction en effet peut avoir son essentielle et véritable cause; car, des chocs inégaux et très variés de la lumière sur les surfaces intérieures de ces parties massives, il devrait résulter nécessairement le même effet que par la répercussion primitive de leur première surface même, en admettant, disons-nous, cette répercussion comme la naturelle cause de la réfraction : c'est-à-dire qu'il en devrait résulter, comme il est supposé implicitement dans le premier corollaire de la proposition seconde, une inflexion commune et générale de tout le faisceau du rayon, au lieu certainement de ces séries différentes de répercussions distinctes et isolées, que l'expérience nous démontre dans le phénomène des accès; ou du moins, il résulterait dans ces répercussions quelque dérangement ou quelque irrégularité assez sensible. D'où l'on voit aisément, ainsi que déjà le *vingt-neuvième* article l'avait donné à entendre, que la théorie analytique que nous avons suivie, au premier livre de cet ouvrage, dans la détermination des petits mouvemens intérieurs de la lumière, n'est dans le vrai qu'une théorie simulée. Mais la véritable analyse de ces mouvemens ne pouvait s'expliquer encore en ce

même livre, où nous ne considérons les répercussions lumineuses que d'une manière absolue et purement générale, sans calculer et ce que les rayons dans leur choc pouvaient perdre ou acquérir de mouvement, et si sous ce rapport leur propagation ultérieure devenait possible : c'était à ce dernier livre spécialement qu'était réservée cette considération importante sur la nature intime de ces motions.

Ainsi l'inflexion générale d'où la réfraction dérive, diffère en cela des déviations partielles de chaque corpuscule de la lumière dans l'intérieur des milieux, *qu'elle est le commun résultat des chocs inégaux de tous les rayons à leur émission première dans un milieu nouveau (art. 16), tandis que celles-ci ne sont, au contraire, que les résultats particuliers des répercussions successives de chaque rayon sur chaque particule mouvante de l'éther (art. 135), sans aucune action coopérante de quelqu'un des autres rayons lumineux, ni aucune action réciproque sur ceux-ci.*

Scolie général.

148. Le célèbre et infatigable Newton, dont la science profonde et l'esprit méthodique avaient reconnu, dans les réflexions lumineuses, plusieurs faits qui décelaient en ce phénomène une autre cause

que la seule répercussion naturelle des parties sensibles des corps, soupçonna que le faible nombre des rayons qui se rompaient sur ces parties massives des corps terrestres, y devaient perdre absolument dans ce choc toute leur vertu lumineuse; et la raison principale qu'il donnait de cette opinion, qu'il a émise le premier, c'est qu'autrement il nous faudrait donc feindre dans les corps deux sortes différentes de réflexion : *alioqui enim duo nobis essent fingenda reflexionis genera.* (Opt., lib. 2, prop. 8.) Quoique le vague et l'insuffisance d'une semblable raison soient aisément sentis, il est certain néanmoins, par les démonstrations qui précèdent, que s'il y a vraiment quelques rayons qui soient réfléchis par les molécules terrestres des corps, ils ne peuvent être, relativement à tous les autres qui se rompent sur les petites parties de l'éther (art. 134), qu'en un bien faible nombre; et cette vérité se montre encore en une plus parfaite évidence, lorsqu'à la suite de ces motifs principaux on fait surtout attention, comme Newton le remarque, que si nous voyions en effet la première surface d'un crystal par des rayons qui seraient réfléchis sur les particules mêmes de sa matière, nous devrions voir aussi bien, et du moins par quelque indice certain, quelques-unes de ses autres surfaces intérieures. Il est vrai qu'on pourrait encore concevoir que beaucoup des rayons que ces surfaces réfléchiraient

ainsi diversement, fussent détournés peut-être et dérangés, et par les rayons mêmes qui sont les plus directs dans le faisceau, et plus souvent aussi par les molécules empêchantes de la première surface du crystal, qui les répercuteraient finalement comme s'ils étaient émis et se réfléchissaient par un choc immédiat des divers points de cette surface première. Mais dans ce cas encore il faudrait reconnaître du moins que les rayons répercutés ainsi par les molécules épaisses du crystal ne sauraient être pourtant qu'en une bien médiocre quantité; car ces rayons, que le choc du crystal répercuterait, n'en seraient pas infléchis régulièrement, ainsi que l'exige, par la proposition troisième, la régularité des accès, dans le sens uniforme de leur motion; puisque, immobiles, comme il est très probable, et peu compressibles aux rayons, ces parties massives, comme je l'ai dit au *cent trente-deuxième* article, les devraient renvoyer très indistinctement dans tous les sens, et selon les seules lois impulsives que le corollaire quatrième de la proposition seconde a supposées: ce qui ne laisserait pas que de produire, si ces répercussions étaient multipliées quelque peu dans la substance du crystal, d'assez notables altérations dans la succession régulière des accès.

Mais pour présenter ici en tout son jour cette difficile matière, et résoudre pleinement la question, il faudrait d'abord que l'on connût, dans un degre

assez proche de certitude, et quels peuvent être les rapports du fluide éthéré si subtil à la substance épaissée des milieux terrestres, et quelle est la configuration respective de leurs primitifs élémens, et enfin la mobilité que peuvent avoir par leur nature les parties sensibles de ces milieux, ou leur facilité différente à céder et recevoir l'impulsion motrice de l'éther. Et pour ce qui est d'abord de cette propriété qu'ont les parties terrestres en général de s'ébranler d'un tremblement intérieur par le plus petit choc, elle se peut reconnaître aisément dans le crystal au son aigu que ses parties frappées nous font entendre, et, dans l'air, à la facilité qu'ont ses fluides corpuscules à recevoir et communiquer le son qui s'y est répandu de ce crystal. Il n'est pas aussi facile de prononcer par un jugement bien certain quelle peut être la configuration réelle de leurs élémens intimes : seulement les singuliers phénomènes que leurs attractions variées nous présentent nous porteraient à croire, en général, que les molécules primitives de leur matière, ou les élémens véritables de ces corps, dont l'indivisible substance ne serait point toute massive et exactement remplie en tous ses points, doivent avoir dans leur solidité intérieure quelques découpures ou cavités naturelles, que je croirais disposées en eux de telle sorte, que chaque élément, par un effet nécessaire de sa nature, dût agir sur un élément semblable, comme

par une espèce d'engrenage, qui fût réciproque entre eux deux et le résultat de leur conformation appropriée (P. N., art. 21); tels, par exemple, que ces rouages artistement arrangés, dont la mécanique d'une horloge se compose, qui s'ébranlent l'un l'autre par l'artifice de leur configuration concordante, et s'impriment réciproquement la motion, (P. N., *disc.*, art. 16, n. 5.) Et il serait aisé, cela étant, de concevoir comment les subtiles parties de la lumière, qui pénètrent dans ces cavités intérieures des élémens terrestres, y subissant d'ordinaire inévitablement plusieurs répercussions successives, dont la naturelle conséquence est d'augmenter toujours à proportion la force ou la quantité relative de l'impulsion dont ces élémens sont poussés et sollicités à s'ébranler, y devraient alors éprouver sans contredit une diminution sensible de la puissance première de leur motion; et, quoique cet ébranlement peut-être, qu'elles auraient transmis aux molécules massives des corps terrestres, ne fût point capable en effet de les priver totalement de tout leur mouvement primitif, il pourrait cependant être assez fort pour qu'elles dussent perdre du moins cette extraordinaire puissance de leur élanement, qui les avait d'abord constituées en des rayons directs et lumineux. C'est donc, en dernière analyse, par tous les faits que nous venons ici de rapporter, ce qui nous semble le mieux établi et le

plus probable, que tous les rayons qui se heurtent sur les parties terrestres des milieux, leur communiquant de leur motion, y perdent inévitablement aussitôt leur mouvement progressif de lumière.

Cette perte dans le mouvement de la lumière; par son choc sur les parties les plus grossières des corps solides, se reconnaît d'ailleurs indirectement par l'expérience constante que la clarté de ses rapides rayons, dans leur passage à travers les corps qui les propagent, s'affaiblit toujours graduellement selon l'épaisseur de ces corps. Car cet affaiblissement, qui n'a sa cause dans aucune réflexion ou dispersion intérieure de la lumière, puisqu'il n'y en a aucune, du moins qui se puisse sentir (art. 58), dans la propagation de la lumière au même milieu, ne peut venir nécessairement que d'une perte réelle du mouvement lumineux de quelques-uns de ses rayons; et cette perte, comme toutes les lois de la motion le proclament (art. 127), n'a pu se faire que par leur choc sur des particules plus grossières ou moins agitées, auxquelles ils ont transféré de leur mouvement : c'est-à-dire qu'elle a dû se faire, au moins pour la plus grande partie, par le choc impulsif des rayons sur les molécules mêmes qui constituent le corps solide où leur clarté s'est transmise, puisque l'éther, qui remplit les petits intervalles de ce même corps, étant naturellement très mobile et très agité, est par cela même peu capable,

selon le *cent trente-quatrième* article, de leur faire perdre d'une manière sensible quelque partie de leur motion. Buffon a cherché à déterminer exactement la proportion précise de cet affaiblissement graduel de la lumière; et il a reconnu, avec une loupe de verre massif de vingt-sept pouces de diamètre sur six pouces d'épaisseur à son centre, en en couvrant la partie du milieu, « que cette loupe » ne brûlait, pour ainsi dire, que sur les bords » jusqu'à quatre pouces d'épaisseur, et que toute » la partie plus épaisse ne produisait presque point » de chaleur; » et lorsqu'il en couvrait au contraire toute la surface, à l'exception seulement d'un pouce d'ouverture vers son centre, « la lumière du soleil, » dit-il, était si fort affaiblie après avoir traversé » cette épaisseur de six pouces de verre, qu'elle ne » produisait alors aucun effet sur la liqueur du thermomètre. » Il a conclu de là que ses chauds et lumineux rayons ne devaient point pénétrer, à travers l'eau la plus limpide, à une épaisseur perpendiculaire de plus de six cents pieds. (*Époques de la Nature.*)

149. J'ai parlé de la configuration intime des derniers élémens de la matière (art. 148) : j'y ajouterai de courtes réflexions. Leur figure générale, que je conclus, dans les substances terrestres, de l'analyse de la poudre primitive siliceuse, considérée comme le vrai et le premier type de l'élément

terraqué (P. N., art. 92), me paraît approcher plus particulièrement de la forme carrée ou cubique. Cette configuration au contraire ne nous semble pas s'accorder aussi bien aux propriétés qu'on observe dans le subtil éther; et s'il fallait lui déterminer ici une figure, je me la représenterais plutôt sous la forme de petites aiguilles très ténues ou de corps oblongs et élancés. En effet, toutes les substances onctueuses dont la matière brûle et s'enflamme aisément par l'ignition (art. 143), telles que la cire, le soufre, les liqueurs spiritueuses et les huiles, par leurs fibres déliées et qui se suivent, ou leurs écoulemens en filets minces, nous présentent, dans leurs molécules intégrantes, ce tissu capillaire et filamenteux que nous attribuons à l'éther; et nous remarquons pareillement, non-seulement que tous les corps naturels qui sont doués de quelque souplesse ou flexibilité élastique dans leur contexture, comme l'acier dont la trempe est douce et le fer qui est liant, ont ce tissu fibreux, mais encore que plusieurs matières très cassantes, et le verre lui-même, peuvent, aussi bien que ces corps dont la nature est fibreuse, devenir très flexibles et acquérir de l'élasticité, lorsqu'on les a chauffées convenablement à un certain degré, c'est-à-dire lorsqu'elles ont été imprégnées d'une certaine portion des élémens flexibles du feu; dont la raison nous paraît être bien distinctement expliquée dans le nouveau livre des Principes à l'article

184°. D'ailleurs nous avons dû conclure précédemment, de la propriété réfléchive qui a été remarquée dans les miroirs (art. 140), que les petits côtés de ces élémens chauds et éthérés devaient être plans et d'une égalité uniforme dans leur surface; d'où il semble qu'on se peut figurer naturellement les corpuscules subtils de l'éther, *sous l'apparence de petits corps oblongs et exactement plats, ou dont les côtés opposés en général seraient parallèles entre eux et unis.*

Je concevrais encore que la lumière, ayant été créée de la sorte, serait mue entre les tourbillons subtils éthérés par des oscillations réglées et isochrones, et comme si ces rayons étaient de très petites aiguilles qui, renvoyées tour à tour dans une espèce de balancement par chacune de leurs extrémités opposées, se propageraient ainsi successivement de l'un à l'autre des corpuscules mobiles de l'éther. Mais cette dernière assertion est toute hasardee, et je ne la propose que comme une pure hypothèse, ou l'une de ces questions douteuses et équivoques qui probablement ne seront jamais pleinement résolues.

DE LA CHALEUR, OU DE LA CESSATION DU
MOUVEMENT LUMINEUX.

150. De la perte du mouvement direct de l'éther par ses chocs sur les parties terrestres des corps : cause naturelle de la faiblesse des rares rayons de la lune. — 151. De la communication de la puissance de ce mouvement aux corpuscules éthérés, qu'elle constitue en l'agitation véhémement de la chaleur, et de la perte insensible de cette agitation ; d'où se déduit l'origine de la fraîcheur de la nuit. — 152. Que la lumière se convertit réellement en chaleur dans l'intérieur des corps qui la détournent, et que le principe de cette chaleur que les corps exposés à ses rayons nous manifestent ne consiste pas dans une agitation interne de leurs petites parties ébranlées. — 153. Ce qui distingue la lumière d'avec le principe de la chaleur. — 154. Que les émanations les plus chaudes, par le mélange des particules terrestres qui s'y peuvent joindre, sont en général plus grossières, mais non pas d'une différente nature, que la lumière elle-même. — 155. Et que nonobstant ce mélange des particules terrestres dans les émanations embrasées, tout le vrai principe de la chaleur ne réside essentiellement que dans l'éther seul : expérience du thermomètre dans le vide. Parallèle des deux principes de la chaleur et de la lumière, et de leurs graduelles transmutations. — 156. De l'origine de la chaleur dans l'atmosphère. — 157. Divers sentimens de Descartes, de Newton, d'Euler et des chimistes et physiciens modernes sur la lumière. — 158. Réfutation du sentiment de Schoëlle et de ceux qui ne pensaient pas, avec ce chimiste, que la lumière dût être un corps simple. De la nature et des caractères distinctifs de la flamme. — 159. Divers effets remarquables de la lumière que la simple chaleur ne pourrait seule produire. — 160. De la nature générale des odeurs.

PROPOSITION X.

150. *Que les corpuscules de la lumière, par leurs chocs sur de petites parties immobiles ou moins agitées qu'ils ne*

sont ; et particulièrement sur les molécules massives des corps terrestres , dont l'agitation est nulle ou inférieure de beaucoup à celle dont l'impulsion lumineuse se constitue , perdant tous aussitôt , ou par des degrés très rapides (art. 148), l'étonnante vélocité de leur jet qui leur avait imprimé un mouvement rectiligne de rayon (art. 129), se confondent dans les vapeurs obscures de l'éther , et , privés de toute leur vertu rayonnante , ne conservent plus que l'agitation intérieure qui est propre au simple phénomène de la chaleur.

Si les parties de la lumière ne perdaient point toutes peu à peu , et même dans un fort court laps de temps , leur impulsion lumineuse , il devrait s'ensuivre qu'un lieu quelconque , qu'elle aurait une fois éclairé de ses rapides rayons , conserverait un certain temps sa clarté après l'absence du corps dont il l'aurait reçue dans l'origine : mais il arrive au contraire que la lumière cesse aussitôt que le corps où elle a été répandue est retiré ; d'où il faut bien reconnaître que ses corpuscules réellement ont changé alors de nature , ou que le mouvement dont ils sont agités l'instant d'après n'est plus le même. Ainsi les torrens de l'air se meuvent autour de nous sans discontinuité (art. 126), mais non pas toujours d'un mouvement sonore : de même les corpuscules lumineux , qui éprouvent en moins d'une seconde tant de chocs divers des particules épaisses des corps terrestres , leur communiquant de la sorte de leur motion , doivent perdre bientôt natu-

rellement toute la puissance de leur mouvement primitif, et se dissiper dans les airs en une obscure chaleur.

C'est ainsi que la lumière, agitant, par l'impulsion motrice qu'elle leur transfère, les particules massives de l'or pur, qu'on a étendues et réduites en de petites lames assez minces, les fait mouvoir et les déplace avant que de les fondre au foyer lumineux d'un miroir ardent. Chacun de ses petits rayons pris à part, à cause de sa subtilité par trop grande, n'aurait pu sans doute ébranler seul ces particules compactes et condensées : mais ce qu'aucun isolément ne pouvait faire, leur masse réunie l'accomplit par une commune impulsion, de même qu'une multitude d'hommes peuvent déplacer ce qu'un seul n'aurait pu mouvoir aisément. (Art. 132.) Et de là vient qu'une clarté ordinaire ne produit pas, et à beaucoup près, les mêmes effets apparens qu'un feu vif et une lumière abondante ont pu produire. Ainsi, par exemple, il n'y a pas lieu d'être surpris que les rayons de la lune, même réunis dans le foyer d'un large miroir ardent ou concave, n'occasionent cependant sur le thermomètre aucune chaleur assez sensible ; car la débile clarté qui nous vient du ciel brumeux des hivers, bien qu'elle soit en effet incomparablement plus forte et plus lumineuse, n'est pas plus chaude néanmoins que cette même lumière de la lune. Ne

comparons point ces languissans rayons que cet astre obscur nous renvoie dans la fraîcheur de la nuit, aux rayons directs du soleil, qui sont si ardens et si vifs, mais à ceux-là seulement de ces primitifs rayons qui seraient réfléchis par une muraille ou la surface d'un corps blanc en quelque endroit ténébreux, et dans une température qui ne serait pas moins humide ni plus échauffée que ne l'est celle de la nuit. Car l'éther, qui dans nos atmosphères épaisses n'est pas aussi agité que la lumière directe du soleil, lui peut bien ôter à la longue et insensiblement de son mouvement, surtout dans les réflexions abondantes qu'il lui fait subir sur les superficies de tous les corps, où la direction rectiligne de ses rayons se trouve rompue et comme changée diamétralement par une impulsion inverse, laquelle nécessairement doit affaiblir de quelque peu sa puissance progressive; et l'agitation de l'éther, dans les basses régions de notre globe, est beaucoup moindre durant l'obscurité de la nuit qu'en le milieu du jour, et en hiver que pendant les ardeurs de l'été (P. N., art. 85); d'où il suit aussi, comme on l'a vu (art. 144), que sa condensation est plus grande en ces mêmes temps, où le thermomètre baisse. Une preuve peu équivoque, à mon gré, de l'affaiblissement véritable de la force motrice lumineuse dans les rayons obscurs de la lune, est la teinte bleuâtre de sa rare et débile lumière, assez

semblable à la lueur que répand dans les ténèbres de la nuit le pâle flambeau d'un gaz inflammable ; car le bleu , par les démonstrations du précédent livre (art. 109), est l'impression colorée qui caractérise les plus faibles rayons de la lumière. Ainsi , il faudrait reconnaître au moins que la clarté de cet astre contient en plus grande quantité que tous les autres , ces rayons les plus faibles de la matière lumineuse.

151. On voit donc que la lumière ne perd point sa motion rectiligne seulement par des chocs sur les parties massives des corps terrestres (art. 148), mais qu'elle la doit aussi très probablement perdre encore par une succession prolongée de petits froissemens sur les parties mêmes de l'éther qui sont moins agitées que ses rayons. Cet affaiblissement successif de l'impulsion de la lumière , par la résistance du fluide éthéré , est , en outre de ses réflexions naturelles aux changemens de milieu et de la perte inévitable de son mouvement par ses chocs sur les molécules terrestres , l'une des causes pourquoi un rayon , lorsqu'il a subi quelque inflexion qui le fait rompre et qu'il s'est transmis ou détourné dans un corps dense , où l'agitation de l'éther est moins forte , puisque ce fluide s'y trouve en effet plus condensé (art. 137) , est toujours moins brillant et plus obscur qu'il n'était d'abord , comme on l'expérimente dans les glaces , qui deviennent plus sombres et

moins limpides selon qu'elles augmentent d'épaisseur. (Art. 58.) Et j'observe, sur la transparence de ces corps, que les particules les plus grosses et les plus massives de la lumière devant être celles, par la seconde loi de l'impulsion au *cent vingt-septième* article, qui transmettront le plus aisément leur motion, de cette cause, jointe au défaut de pureté de ces mêmes corps et à quelque principe colorant qu'ils peuvent d'ailleurs recéler dans leur substance, devra naturellement procéder la teinte légère de bleu ou de vert sombre dont s'obscurcissent les glaces généralement en devenant plus fortes et plus épaisses, les rayons homogènes de ces deux couleurs primitives, par leur subtilité, qui leur fait conserver un temps plus long leur impulsion progressive, s'y rencontrant de plus en plus, comme les frottemens se succèdent dans le crystal, en proportion plus grande que tous les autres; à moins cependant qu'on ne présume plutôt, opinion qui ne me semble pas assez fondée, qu'il faille attribuer encore cette teinte verdâtre dont nous voyons que se colorent les glaces, à la dégradation sensible de la lumière ou l'affaiblissement général de sa motion.

D'ailleurs, l'impulsion que transfère inévitablement la lumière aux parties terrestres qu'elle heurte, en se convertissant dans son choc en une obscure chaleur, ne demeure pas à ces parties massives; mais

de leur substance elle passe très vite , par la seconde loi de la motion que nous venons de citer, aux corpuscules plus subtils du fluide de l'éther qui remplissent leurs très petits intervalles, et que ces parties plus grossières, en s'ébranlant, ne pouvaient manquer de heurter et de faire mouvoir. Ainsi, la chaleur que tout corps est susceptible de concevoir aux rayons ardents de la lumière, ne consiste pas uniquement en l'agitation des parties de cette seule lumière qui, par la perte de leur mouvement rectiligne, ont été changées en élémens de la matière chaude et obscure : elle consiste encore en celle même de tous les autres corps éthérés qui, recevant en dernier résultat la quantité totale du mouvement que les rayons de la lumière auraient perdu, s'y réunissent tous dans un commun ébranlement pour produire ensemble cette ardeur. Mais bientôt cet excès de l'agitation de l'éther, dont la véhémence constitue toute la chaleur que les corps ou l'atmosphère échauffés nous font sentir, se répandant et se disséminant ensuite universellement, par l'action réciproque qui est particulière aux fluides (art. 126), dans la vaste étendue des courans subtils de cette matière, dont toutes les parties essentiellement tendent sans cesse, par leur nature, à un équilibre exact, cette chaleur des corps se doit perdre en un espace de temps assez court, qui est proportionnel dans chacun à la grandeur respective

de son volume, c'est-à-dire à la quantité des surfaces par lesquelles il reçoit les impressions extérieures. (BUFFON, *Minéraux*, 1^{er} mém.) Ainsi, la perte de l'agitation véhémement qu'avaient occasionnée pendant le jour dans ce fluide éthéré les rayons rapides du soleil, et qui se disperse et se partage de la sorte uniformément dans toute l'étendue de l'espace, est la vraie et naturelle cause de la fraîcheur que nous ressentons durant le calme de la nuit.

152. Cette conversion du mouvement lumineux en un simple mouvement calorique, se peut déduire par une induction immédiate des expériences les plus précises de Newton, où ce géomètre a fait voir que ceux des rayons homogènes que la surface des corps ne renvoyait point à nos regards étaient détournés réellement et retenus dans l'intérieur même de leur matière (art. 82 et 122) : car c'est en effet ce qui se doit conclure directement de cette observation, qu'il a faite sur la bulle et sur les verres objectifs de télescope, que les couleurs que les minces lames diaphanes transmettaient dans l'intérieur de leur substance poreuse étaient toujours régulièrement opposées à celles que réfléchissait leur surface; puisqu'elle nous démontre incontestablement que les rayons que ces lames ne renvoyaient pas extérieurement vers la vue, traversaient alors intérieurement dans leur poreuse épaisseur. (*Opt.*, liv. 2, obs. 9 et 20.) Et

comme le degré de la chaleur dont s'imprègnent les corps à la lumière est toujours en raison de la force et de la quantité de ces mêmes rayons qu'ils absorbent, on doit croire aussi qu'elle en est vraiment le juste et immédiat résultat : je veux dire que ces rayons absorbés se sont effectivement convertis dans leur substance en élémens de la chaleur, et que c'est dans la réalité pour cette cause que les corps d'une couleur sombre et foncée, qui réfléchissent à la vue les rayons homogènes les plus rares, absorbant ceux qui ont le plus de force, s'échauffent à la lumière le plus promptement, comme l'a enseigné, au *cent neuvième* article, le corollaire premier de la proposition septième du second livre. « Les corps noirs, dit Newton dans son » Optique, exposés à lumière, ne conçoivent-ils » pas plus aisément la chaleur que les corps opa- » ques colorés, parce que les rayons qui les frappent n'en sont nullement réfléchis extérieurement, mais qu'ils les pénètrent au contraire, et qu'ils se réfléchissent dans leur substance et s'y réfractent par des alternatives multipliées, jusqu'à ce qu'enfin ils s'éteignent et s'y anéantissent entièrement? » *Intraque ea reflectitur ac refringitur sæpiùs atque iterùm usque eò, donec restinguatur penitùs et intercidat.* Quæst. 6.

L'hypothèse, généralement reçue des physiciens, que cette chaleur des corps vient tout entière de

l'ébranlement que les rayons exciteraient dans leurs petites parties constitutives, et non pas des corpuscules lumineux mêmes comme élémens de la chaleur, cette sensation, selon eux, n'étant qu'un simple effet d'une agitation interne assez forte des molécules des corps où on l'éprouve, n'est certainement pas admissible dans la philosophie exacte; car il faudrait pour cela qu'il fût bien constaté, en premier lieu, que toute agitation intérieure assez véhémente d'une substance quelconque fût véritablement capable, comme ils l'assurent, de faire naître en nous cette même sensation de la chaleur, et qu'on ne l'éprouvât point au contraire que dans les corps seulement que les tourbillons d'un feu violemment agité pénètrent. L'air et l'eau en effet, quelque agités qu'ils soient, s'ils ne contiennent pas dans un éminent degré ce principe élémentaire de la chaleur, n'en sont jamais échauffés plus; car l'eau des torrens les plus fougueux, qui est une neige fondue, est généralement très froide, et le vent du nord, qui n'est pas le vent le moins véhément ni le moins vif, n'est pas à beaucoup près le plus chaud.

Il est vrai que toute agitation du corps nous échauffe; mais c'est à cause que cette agitation ranime en nous la circulation active du sang, et qu'elle remue les diverses autres humeurs qui font mouvoir, par leur mobilité, les libres ressorts de nos organes, lesquelles renferment toutes un

assez grand nombre de ces parties volatiles que nous estimons capables de devenir chaudes, et dont le mouvement, étant ainsi excité, nous occasionne cette chaleur ; car, si elle n'était vraiment que le pur effet de l'agitation ou du mouvement interne des parties organiques du corps humain, il serait difficile de concevoir comment alors il se ferait que l'approche d'une matière froide quelconque, qui ne peut rien ôter bien sûrement aux motions intérieures de ces parties, puisqu'elle ne les touche même point, les pourrait néanmoins refroidir ; et il me semble qu'il ne faut voir simplement dans cet effet que la conséquence naturelle de l'équilibre des vapeurs chaudes et ardentes, lesquelles tendant, comme tous les fluides, à s'épancher très uniformément partout où elles n'y rencontrent aucun obstacle, se répandent, par une impulsion rapide, du corps chaud, où elles sont en plus considérable abondance, vers le corps froid, où leur quantité est moindre ; ce qui est cause encore que les corps denses dont les molécules sont les plus compactes et les plus serrées, laissant peu de passage à ces vapeurs, sont généralement les plus froids, de même que ceux qui, n'étant point combustibles, comme les cristaux et les marbres, ont sur la matière éthérée peu d'attraction. (Art. 143.) La même chose se peut dire aussi en général de tous les autres effets physiques où l'on remarque qu'une agitation intérieure

des petites parties des corps les échauffe : cela vient évidemment de ce que cette agitation développe en eux ce principe effectif de chaleur qu'ils recélaient, en lui imprimant très vite son mouvement essentiel et calorique ; et si ce mouvement, qui n'est encore que de simple chaleur, devient un peu fort et véhément, il peut concéder même à ces parties chaudes et éthérées la puissance de la vertu lumineuse. (Art. 130.) C'est ainsi que deux morceaux de bois assez secs, étant frottés violemment l'un contre l'autre, s'échauffent d'abord par la rapidité du frottement, et enfin s'enflamment et répandent autour d'eux de la lumière. Mais la discussion de ces faits, qui se prolongerait trop, doit appartenir proprement à la théorie de la combustibilité des corps mixtes ; et il nous suffit dans cet ouvrage d'avoir reconnu bien clairement l'existence d'un principe spécial de la chaleur, contre l'opinion de Descartes, appuyée par les théories d'Euler, qui la supposait le résultat de toute agitation interne des petites parties des divers corps.—DESCARTES, *Météor.*, disc. 1 et 2. *Le Monde*, chap. 2. EULER, *Diss. de igne* ; §§ XVII, XIX. NEWTON, *Opt.*, quæst. 5.

153. Pour nous borner donc présentement à la simple considération de ce principe dans les seuls rayons lumineux, il faut observer que les organes où il se fait sentir à notre âme étant plus grossiers que celui sur lequel agit la lumière, cette sensation

de la chaleur ne se pourra manifester distinctement que dans les lumières assez fortes ou essentiellement abondantes, et que les rayons faibles et rares, comme je l'ai dit de la clarté pâle de la lune (art. 146), ne la devront point exciter. Et de même il est certain que les élémens de la chaleur, réduits en de simples vapeurs éthériennes, n'exciteront point dans nos sens le sentiment de la lumière, parce qu'ils n'ont point sous cette forme le mouvement direct lumineux, ni la force d'impulsion nécessaire pour pénétrer intimement dans les humeurs de l'œil jusqu'aux extrémités du nerf optique; car nous sayons que ces vapeurs éthérées, de même que toutes les autres vapeurs plus grossières qui s'engendrent sur la surface de notre globe, n'obéissent plus qu'à l'universelle loi de la pesanteur, par cette observation que Scheèle rapporte, dans son *Traité chimique de l'air et du feu*, que les émanations qui s'élèvent de la surface des différens corps échauffés produisent, dans les airs agités, des vacillations bien visibles à la clarté de la lumière sur un mur blanc. (§ LVI.) Cette diversité de mouvement qui distingue particulièrement les atomes qui sont élançés en lumières, d'avec ceux qui ne jouissent purement que de l'agitation trop confuse d'une obscure chaleur, n'a été bien connue et appréciée encore, autant que je sache, que par le docteur Gravesande. Ce physicien habile définissait judicieusement les corps lumineux, ceux qui dar-

dent le feu ou qui le lancent dans une direction rectiligne; et c'était dans ce mouvement direct de l'impulsion, que les corpuscules de la matière ignée n'auraient pas dans la simple chaleur, qu'il faisait consister essentiellement le caractère distinctif de la lumière. Qu'une matière quelconque, en effet, dont la figure soit ronde, vienne, je suppose, à tomber sur une table: si elle a acquis par sa chute une rapidité assez grande, elle rebondira dans son choc; mais si elle n'a pas cette rapidité, ou qu'elle l'ait perdue par diverses causes, elle débordera la table, elle n'en sera point renvoyée. Il en est de même des élémens flexibles du feu: dans leur rapidité, c'est la lumière, que les corps réfléchissent et que renvoient les miroirs ardents à leur foyer; dénués de cette rapidité première de l'élanement, ce n'est plus que la seule chaleur, que ne réfléchit aucun corps et que les miroirs ardents ne renvoient point. Ainsi un brouillard s'écoule sur le pavé; la grêle et l'orage en rejaillissent.

454. Les petits corps rapides et enflammés qui nous font éprouver de la chaleur ne paraissent pas toujours être un feu pur, ou la lumière même élémentaire; mais l'agitation véhémement de cet élément, lorsqu'il est constitué en chaleur, semble être cause que souvent il ravit encore et entraîne, par son impulsion impétueuse, plusieurs des particules les plus ténues des corps terrestres où cette chaleur s'est

formée, et qu'il les dissout et les agite avec soi dans l'atmosphère en vapeurs chaudes et ardentes, qui, de même que toutes les vapeurs de la terre, obéissent à la loi universelle de la gravitation, et montent en raison de leur légèreté spécifique : ce sont même le plus communément ces vapeurs grossières qui contiennent le feu pur le plus agité et le plus violent, puisqu'elles ne doivent en effet leur origine qu'à cette véhémence même de l'agitation du feu, qui a détaché et entraîné dans son tourbillon ardent les parties terrestres des corps violemment échauffés. Il doit s'ensuivre de là, sans contredit, que quand ces molécules enflammées jouiraient d'ailleurs du mouvement direct de la lumière, si elles ne sont pas cependant assez subtiles pour pénétrer aisément dans les humeurs de l'œil, elles ne pourront nullement nous affecter d'une sensation lumineuse ; et de là vient, dans l'opinion la plus probable, que les brasiers qui répandent de leur ardent foyer le plus de chaleur, ne sont pas ceux néanmoins qui émettent dans les espaces de l'air le plus de clarté.

Le savant Schæele en fournit, dans son Traité du feu, un remarquable exemple. Que l'on tienne, dit-il, devant le fourneau d'un grand poêle un carreau de vitre, l'émanation subtile des rayons qui pénétrera à travers, selon l'expérience qu'il en a faite, sera fort peu chaude ; et les parties les plus grosses et les moins pures, qui contiennent le feu dans la

véhémence la plus forte de sa chaleur, arrêtées d'abord et retenues entre les pores de ce verre, l'échaufferont d'une manière très sensible. Et si l'on reçoit ces émanations de la flamme sur un miroir ordinaire de crystal, ou sur un miroir métallique que l'on ait enduit d'une croûte de noir de fumée, ces parties qui ont le plus de chaleur, retenues également et embarrassées dans les pores étroits de ces miroirs, n'en seront point non plus réfléchies, et elles les échaufferont ; mais si l'on fait usage au contraire d'un corps blanc et assez serré ou compacte, comme d'un miroir poli de métal, les parties rapides de la chaleur, de même que celles de la lumière, en seront réfléchies régulièrement, et le miroir ne paraîtra point s'échauffer ; il pourra même enflammer le soufre à une distance de quatre pieds de sa surface, et, ce qui est surtout digne de remarque, « l'effet de l'inflammation est bien plus » prompt et plus considérable, lorsque le bois du » fourneau est consumé et converti en charbons ardens clairs, quoique la lumière alors soit bien » moindre. » — *Tr. chim. de l'air et du feu*, §§ LVI et LVII.

Ces observations incontestables ne nous montrent-elles pas que les petites parties enflammées d'où est produite la chaleur la plus véhémence et la plus vive, doivent être et sont en effet plus massives et plus abondantes que celles qui naturellement peu-

vent suffire pour exciter en nous la sensation plus douce de la lumière, et que même les plus fortes et les plus puissantes de ces particules chaudes ne sont plus déjà assez subtiles pour affecter sensiblement l'organe de la vue, dont leur masse épaissie ne saurait non plus traverser les humeurs (art. 4), qu'elles ne traversent dans la substance compacte du verre? Mais une preuve néanmoins que ces émanations embrasées, que Scheèle a dénommées spécifiquement une *ardeur rayonnante*, contre le sentiment de ce chimiste et celui de la généralité des physiciens, ne sont pas d'ailleurs en effet d'une nature qui soit en aucune sorte différente de celle des émanations les plus pures de la lumière; c'est qu'elles obéissent comme celles-ci aux lois communes de la réflexion, qu'elles sont toujours brillantes et lumineuses plus ou moins, ou mélangées de particules lumineuses, et qu'on se les peut enfin directement procurer, suivant que Buffon le remarque, par les rayons mêmes de la lumière ardente du soleil, en réunissant leurs faisceaux avec abondance au brûlant foyer d'un miroir courbe. (*Élém.*, part. 1^{re}.) Car, dans la connaissance de ce seul fait, si l'on voulait soutenir que ces deux principes fussent distincts et tout-à-fait différens l'un de l'autre, il faudrait donc qu'on admit et qu'on pût clairement faire comprendre que les rayons au réel se dussent composer intimement, en outre de leurs propres parties douées de

lumière, d'autres parties encore auxquelles serait affectée spécialement la propriété d'exciter en nous une sensation de chaleur : ainsi du moins on devrait reconnaître que le principe essentiel de la chaleur, comme celui de la subtile lumière, a une commune origine dans l'action puissante du soleil, que leurs élémens distinctifs sont uniformément répandus dans les rayons ardents de cet astre, se meuvent du même mouvement, agissent ensemble; et en quoi donc consisterait alors leur différence?

155. Lorsqu'une masse assez abondante des corpuscules du feu élançé, soit pur, comme dans les rayons du soleil, soit mélangé aussi de quelque hétérogène substance, comme cet élément le paraît être dans les émanations grossières du charbon (art. 154), vient se réunir et concentrer sa force sur la surface de quelque corps, son extraordinaire impulsion produit dans les tourbillons éthérés qu'elle heurte aux interstices de ce corps l'agitation véhémente de la plus vive chaleur (art. 151); l'éther qui, recevant de cette soudaine impulsion une très grande force, presse de tous les côtés avec violence pour s'avancer et s'étendre, se dilate, comme tous les fluides échauffés, et les petits tourbillons en lesquels il se mouvait intérieurement (art. 126) peuvent alors devenir tellement étendus, que, ne circulant qu'avec peine dans les intervalles vides du corps poreux, ils y devront demeurer et l'échaufferont; et si

cette agitation véhémence de l'éther excité est portée graduellement à un si haut point, qu'elle puisse balancer même par sa force, et enfin surmonter la puissance extrême d'adhésion qui retient unies entre elles et bien jointes toutes les parties intimes de ce corps, il est inévitable que, de l'ébranlement progressif qu'elles en reçoivent, il devra bientôt résulter la désunion et la séparation violente de ces parties qui s'opposent à l'extension rapide de l'éther : et le phénomène lumineux de l'ignition devra s'ensuivre dans ce corps.

Ainsi, quoiqu'il paraisse, comme je l'ai dit, par plusieurs effets de l'embrasement (art. 154), que les émanations enflammées sont souvent jointes et accidentellement combinées à des vapeurs terrestres, il est vrai néanmoins que ce n'est pas en de telles vapeurs hétérogènes, qui ne sont pour ainsi dire qu'un véhicule de la matière pure du feu qu'elles recèlent, que consiste dans la réalité la vertu du principe igné ou calorique qui chauffe et qui embrase tous les corps. Comment en effet concevoir que de telles vapeurs, embarrassées de parties hétérogènes et grossières, se pussent infiltrer et mouvoir aussi librement dans les pores étroits du crystal, que nous venons de l'observer dans l'expérience du poêle que rapporte Scheèle ? Certainement ce ne peuvent être que les tourbillons seuls de l'éther, *excités par les torrens de ces émanations chaudes*, qui s'infiltrèrent

et séjournent réellement dans les pores subtils du crystal, qu'ils agitent par leur véhémence et échauffent; et ces torrens chauds et lumineux, affaiblis eux-mêmes de toute la puissance de cette agitation si vive qu'ils ont communiquée à l'éther, et privés de leurs hétérogènes parties, qui se sont répandues et se confondent avec les vapeurs aériennes, ne doivent conserver évidemment à leur émergence du crystal qu'une portion très faible de leur primitive chaleur, qu'ils ont transférée tous comme en masse à cette substance poreuse avec la plus grande force de l'impulsion dont l'embrasement les avait doués. Mais la preuve de toutes la plus forte et la plus manifeste, et une preuve sans doute incontestable, que le *principe unique de la chaleur ne consiste essentiellement que dans une agitation véhémence des parties seules de l'éther*, c'est qu'il agit, ce même principe, avec une force et une puissance égales dans le vide éthéré de nos machines, où les vapeurs épaisses de la terre ne peuvent aucunement s'introduire. C'est ce que Newton éprouva, comme il le marque à sa question dix-huitième, sur deux thermomètres semblables, dont le premier était suspendu à l'air libre, et le second dans les espaces privés d'air de la machine pneumatique; car il observa que celui-ci ne s'échauffait pas en un moindre degré, ni peut-être dans une célérité moindre, que le thermomètre au contraire qui était placé dans les espaces libres de

l'atmosphère : utique thermometrorum id quod erit in vacuo, incalescet nihilo minus neque ferè tardius, quàm id quod non sit in vacuo.

Une lumière qui n'est point chaude, qui le devient en se réunissant par la sphéricité d'un miroir, et échauffe alors les corps terrestres, nous montre, sans varier d'ailleurs d'élémens, toutes les gradations et la nature distinctive du principe chaud et du subtil principe lumineux, et en quoi ils diffèrent proprement l'un de l'autre : d'abord, trop subtile, elle n'est encore que lumière; plus abondante, elle est lumière et chaleur; et lorsque, détournée par la résistance des corps, elle a perdu, avec la force première de son jet, son mouvement rectiligne et lumineux, elle ne conserve plus que sa vertu calorique, et n'est enfin qu'une obscure et invisible chaleur. Les particules dont la lumière se compose et celles qui nous font sentir de la chaleur sont donc dans la réalité toutes les mêmes, et elles ne diffèrent que *par la rareté plus grande du principe lumineux et son impulsion toujours directe*, que la chaleur ne présente point dans toutes ses formes.

COROLLAIRE.

156. *Que l'atmosphère et les corps terrestres ne s'échauffent à l'ardeur des rayons, que par les corpuscules de la lumière qu'ils détournent, et qu'ils retiennent dans leur substance poreuse sous la forme invisible de vapeurs.*

Lorsque les parties élançées de l'ardeur rayonnante ou d'une lumière chaude ont perdu peu à peu par de nombreux chocs, suivant les lois qui ont été expliquées dans le précédent théorème (art. 150), la rapidité première de leur motion, ou la force directe de leur jet qui les avait constituées en des rayons chauds et lumineux, ce n'est plus que la simple chaleur, qui s'élève dans l'atmosphère terrestre sous la forme d'une vapeur obscure, avec un mouvement très marqué d'oscillations, comme nous en avons un exemple sensible dans l'observation de Scheèle que j'ai citée (art. 153), par les vacillations tremblantes que tous les corps, lorsqu'ils sont échauffés, produisent dans l'air ; et ce sont ces petites parties détournées sous la forme obscure de vapeurs, qui, se mêlant dans les régions de l'atmosphère aux vapeurs aériennes les plus subtiles, ou aux tourbillons rapides éthérés, agitent et dilatent les airs en exhalant partout leur chaleur dans sa température raréfiée.

Car l'ardeur rayonnante, qui, ne transférant point de sa motion, traverse les airs directement sans s'y confondre, comme il se peut reconnaître en ce qu'elle n'y produit point de vacillations vaporeuses, n'étant troublée non plus que la lumière par aucun vent, ne les échauffe point ; ce qui fait que, devant la clarté du plus ardent fourneau, et à une distance où la chaleur de ses rayons est encore forte, si l'air

qui circule dans la chambre est d'ailleurs froid, on peut apercevoir son haleine très distinctement, ce qui n'a pas lieu en été dans une température bien moins chaude, mais où la chaleur est dans l'air même et s'y est confondue parmi ses vapeurs. (SCHEÈLE, *Tr. ch. de l'air et du feu*, § LVI.) Ainsi, quoique les rayons directs du soleil aient à peu près une égale puissance d'impulsion en hiver que dans les ardeurs de l'été, et aux pôles que sous l'équateur, comme ils sont d'ailleurs plus obliques et par cela même plus rares vers les pôles et durant les froids de l'hiver, ne jouissant point d'autant de force en cette rareté et cette obliquité de leur choc, ainsi que la pierre qui lancée obliquement rase les eaux, ils ne font, dans cette saison brumeuse et dans ces contrées, qu'effleurer la surface durcie de la terre, et ils s'y réfléchissent; de sorte que, s'y détournant moins en l'agitation commune des vapeurs chaudes, c'est-à-dire ne transférant que peu de leur motion (art. 151), parce qu'ils ne pénètrent qu'à peine dans la substance terrestre des corps, ils ne peuvent que faiblement échauffer l'air. « L'air, observe Scheèle, ne » s'échauffe guère dans son état de pureté par les » rayons ardents du soleil; mais il s'échauffe lors- » qu'il environne un corps qu'a frappé durant quel- » ques instans la lumière de cet astre; » et il ajoute, qu'il est très porté à croire que cette lumière n'engendre jamais au réel aucune chaleur, « tant que

» son mouvement rectiligne ne rencontre à sa progression continué aucun obstacle, » c'est-à-dire tant qu'elle n'a point perdu par ses chocs la puissance de son impulsion rectiligne, et communiqué cette impulsion aux subtiles vapeurs éthérées qui se meuvent dans les espaces libres de l'atmosphère. (Art. 151). SCHEELE, *Ib.*, § LXVIII. C'est la raison de la plus grande chaleur qu'on éprouve dans les profondeurs et les vallées; et elle se confirme par l'expérience de Saussure, rapportée par Buffon dans ses *Éléments*, partie première, sur la température différente de plusieurs caisses de crystal qu'il avait emboîtées les unes dans les autres, les dernières, où l'agitation très vive que les rayons occasionnaient dans l'éther se communiquait plus lentement aux vapeurs de l'air extérieur refroidi, étant celles qui concevaient graduellement le plus de chaleur. (P. N., art. 119.)

Il est donc vrai que « l'atmosphère ne s'échauffe pas » par les rayons directs qui la traversent; mais par » les corpuscules de ces rayons que dispersent les » corps terrestres qui les rompent », et qui les convertissent en élémens de la chaleur obscure (P. N. art., 120): soit simplement en les privant tout-à-fait de leur impulsion lumineuse et les réduisant à l'état de subtiles vapeurs chaudes, comme il est manifeste dans les corps qui s'échauffent à la lumière sans altération sensible de leur nature, et

avec une intensité de chaleur qui est proportionnée toujours à la quantité des rayons que leurs pores absorbent, ou à la rareté de ceux que leur surface opaque réfléchit (art. 109), preuve évidente que toute cette chaleur qu'ils conçoivent n'est due en effet uniquement qu'à la lumière détournée ; soit aussi quelquefois, d'après l'article *cent cinquante-quatrième*, en ajoutant à la matière éthérée des rayons par la volatilisation de quelques-unes des particules terrestres les plus ténues, que la vélocité de la lumière détache et emporte avec soi dans l'atmosphère sous la forme élastique d'une vapeur chaude, comme cela paraît être dans tous les corps dont la couleur passe et se flétrit à l'exposition de la lumière, et qui s'y altèrent plus ou moins par une dégradation successive, ou une lente décomposition de leur nature, résultat d'une véritable combustion des élémens primitifs (P. N., art. 197) : et comme tout le mouvement que les rayons perdent dans la rencontre de ces corps qui les ont transmis en chaleur, retourne en dernier résultat à l'éther (art. 151), la chaleur, en général, n'est autre chose, dans l'atmosphère raréfiée, *qu'une agitation véhémente de l'éther rapide* (art. 155) *que l'impulsion des rayons brûlans du soleil a dû produire.*

De cette considération que le globe terrestre ne doit visiblement toute sa chaleur qu'aux frottemens qu'il fait éprouver aux rayons qui lui sont dardés

du soleil, l'auteur du nouveau livre des Principes avait conclu, à son cent soixante-dix-neuvième article, « que la chaleur des planètes n'a point d'autres principes véritables que leur masse et leurs » inégalités naturelles », et qu'ainsi elles pourraient être toutes d'une telle proportion respective dans leurs grandeurs et les inégalités montagneuses de leurs surfaces, que nonobstant les distances de chacune, très diverses, du globe enflammé du soleil, elles jouiraient toutes cependant à l'effectif d'une température très égale.

Scolie.

157. Descartes est, je crois, le premier des philosophes modernes qui ait écrit avec quelque succès sur le feu : il en a fait son premier élément, et le représente comme une matière très subtile. L'éther est son second élément; il assure que c'est une matière globuleuse parfaitement dure qui remplit tout l'espace, et qu'elle propage et répercute la lumière qui lui est émise du soleil, à peu près comme est répercuté le son dans les vapeurs de l'air. (*Desc. Princ.* 3, art. 52.) Mais cette forme exactement globuleuse fut déniée dans la suite à la matière éthérée par Euler, qui en conservant l'idée primitive de Descartes, crut pouvoir de la sorte parer aisément à une objection de Newton sur la communication du choc

dans les substances dont la figure est sphérique. Celui-ci, antagoniste heureux du philosophe français, ne paraît point admettre dans son Optique l'existence d'un élément spécial du feu : « Le feu n'est-il pas, disait-il, un corps échauffé jusqu'à émettre à l'entour une abondante lumière ? » *Annon ignis corpus est, eo usque calefactum, ut copiosius lumen emittat ?* (Opt., quæst. 9). « Et les rayons de la lumière ne sont-ils pas de minces corpuscules élan- cés de la superficie éclairée des divers corps ? » *Annon radii luminis exigua sunt corpuscula à corporibus lucentibus emissa ?* (Ibid, quæst.) 29. Ainsi il concevait entre le feu et la substance intime de la lumière une sorte d'identité naturelle ; mais en reconnaissant celle-ci un corps simple, il paraissait confondre l'élément propre du feu avec le phénomène même de l'ignition, où sa nature se développe.

Cependant, afin d'expliquer plus aisément la diversité apparente qu'on remarquait entre les effets sensibles de la chaleur et les propriétés distinctives de la lumière, diversité dont nous avons assigné les vraies causes à notre article *cent cinquante-troisième* de cette Analyse, on n'imagina bientôt rien de meilleur, ou assurément du moins de plus commode, que d'attribuer à des principes éminemment différens ces deux phénomènes de la nature. Le sage Euler, qui s'était instruit à la philosophie

de Descartes, et en avait suivi les théories, en définissant la chaleur une agitation interne et véhémente des particules intimes des divers corps (art. 152), ne voulut point voir une substance dans la rapide lumière (art. 125), mais un simple mouvement de vibration qui serait propagé jusqu'à nos yeux dans le fluide mobile de l'éther convenablement agité : système dont on a montré plusieurs fois l'incohérence et la contradiction manifeste avec tous les faits qui sont connus. Lavoisier et les physiciens chimistes qui vinrent après lui rétablirent la lumière, il est vrai, à son rang premier d'élément, mais ils la séparèrent de nouveau de la matière spéciale de la chaleur, imposant à celle-ci la dénomination de *calorique*, du latin *calor*.

158. Il est encore une dernière opinion sur la lumière, qui se fonde sur la comparaison de la flamme et des phénomènes de l'ignition : c'est à savoir que cette sensation est bien occasionnée en effet par une matière qui se meut d'un mouvement direct très rapide, mais que cette matière, considérée en sa nature, n'est pas un corps simple. Ainsi Scheèle, dans le traité succinct, mais plein de choses, que nous citons souvent, à la trente-unième section, définit la chaleur *un composé de l'élément pur du feu et de l'air vital* ou gaz oxygène des chimistes ; et il dit à la section soixante-neuvième, que *la lumière n'est autre chose qu'une chaleur qui*

se meut avec une vélocité surprenante. Cet infatigable chimiste, dans ses laborieuses recherches, avait remarqué qu'il se consume toujours en toute combustion où la lumière se dégage, une certaine portion bien sensible de l'air vital : et son erreur venait de ce qu'il avait cru que cette portion de l'air effectivement consumée, mais dont la chimie a démontré depuis lors l'existence dans le résidu de la matière qui se brûle, et qui se convertit en l'absorbant en un composé salin, avait servi, par sa combinaison avec le feu pur, à composer cette lumière qui se dégage dans toutes les combustions des corps mixtes.

Cependant, lorsque nous considérons encore la nature qui paraît être propre à la flamme, dont les émissions étincelantes sont en général plus nombreuses dans les corps gras et huileux (P. N., art. 223), nous étions nous-mêmes très portés à croire, comme ce chimiste, que la lumière était effectivement un combiné de la matière du feu pur avec les parties terrestres les plus ténues ; car il nous semblait difficile de concevoir que la substance très simple et très élémentaire du feu, qui est une matière si subtile, et traverse d'ailleurs toutes les fibres et toutes les membranes de nos corps si aisément, se pût ainsi par elle-même rendre distincte à nos organes trop grossiers, lorsque, au contraire, nous voyons que les courans éthérés de la pesanteur ne

s'y font sentir aucunement dans leur vélocité extrême. Ce n'est pas que nous ne pensions néanmoins, que les deux sensations de la lumière et de l'obscur chaleur ne fussent vraiment des effets très simples de la matière pure du feu : mais ne se pourrait-il point, disions-nous, que cet élément ne fût nullement porté vers nos organes, sans être combiné en quelque autre corps qui lui servit en effet comme de véhicule ? La fumée n'est pas certainement un feu pur, et la fumée s'enflamme ; car lorsqu'on approche une lumière de la fumée épaisse qui s'exhale du haut d'un flambeau fraîchement éteint, la flamme vole aussitôt en serpentant dans cette vapeur embrasée, et se communiquant à la mèche, elle la rallume ; et la même observation se fait encore dans les tourbillons humides des vapeurs chaudes qui s'émanent, avec une force très grande, du chapiteau soulevé d'un alambic. (*Opt.*, quæst. 10.) Ce fait constant ne prouve-t-il pas, poursuivions-nous, que la flamme n'est dans la réalité autre chose qu'une subtile fumée embrasée ? Et les molécules de la flamme ne sont-elles point les vrais éléments de la lumière ? La lumière ne serait donc autre chose qu'une ardente fumée qui se meut dans une vélocité incomparable.

Ainsi l'erreur principale d'où a pris naissance ce système, est d'avoir faussement confondu avec les rayons de la lumière la substance même de la

flamme, qui sans contredit n'est pas une matière pure et toute homogène, comme les faits que nous venons d'alléguer le constatent dans une évidence assez claire, mais bien certainement une fumée subtile embrasée, c'est-à-dire une vapeur humide ou aqueuse qui est imprégnée d'une forte masse d'un feu rapide et véhément, puisque, comme toutes les vapeurs de la terre, elle est assujettie en effet aux lois universelles de la pesanteur, et qu'elle tend et s'élève sans cesse vers en haut, en raison de sa légèreté extrême. Ce caractère tout-à-fait remarquable la distingue d'une manière positive, et en sépare incontestablement la nature de celle de la rapide lumière, qui, se mouvant avec liberté dans tous les sens, et aussi bien vers en bas que vers en haut, n'obéit au contraire, comme on l'a remarqué (art. 11), à aucune des impulsions directrices de la pesanteur. Il ne faut donc voir dans le phénomène de la conversion de la fumée en une vapeur lumineuse, que l'effet naturel d'un feu violemment agité que cette fumée contient, et à qui il ne manque dans le réel, pour devenir lumière, c'est-à-dire pour se mouvoir du mouvement direct lumineux (art. 129), qu'un degré très faible d'impulsion, que la masse embrasée de la flamme qu'on en approche, en pénétrant cette fumée de ses impétueux rayons, lui doit suppléer aussitôt. D'ailleurs, l'existence reconnue de la lumière et du principe réel de la cha-

leur dans les espaces dégagés d'air du récipient pneumatique (art. 155), où nulle exhalaison des corps terrestres ne peut exister ni s'introduire, démontre incontestablement, de la manière la plus forte, que la matière d'où ces deux phénomènes doivent dépendre n'a absolument rien qui soit terrestre ou commun avec l'élément terraque, et nous assure par conséquent qu'elle est éminemment tout entière un feu très pur. Qu'une telle matière, si rare et si subtile qu'elle puisse être, soit capable encore d'agir pourtant par une impulsion assez forte sur les grossières fibres de l'œil, ne doit point tellement nous surprendre lorsque nous la voyons tous les jours, cette subtile matière, dans le cabinet du physicien, sous la forme d'un torrent rapide électrique, mouvoir et extraîner après soi la roue mobile qu'on a placée dans la vélocité de son courant. Et pour répondre enfin en dernier lieu à l'observation générale, que je ne pense pas qu'on puisse solidement contester, que toutes les substances qui contiennent en plus grand nombre des parties huileuses et volatiles, sont celles qui dans leur ignition, brûlant avec le plus de flamme, dispersent et font jaillir de toutes parts autour d'elles une quantité plus forte de lumière; c'est sans doute que dans ces substances peu compactes la matière ténue du feu pur, moins engagée et conjointe aux élémens grossiers qui la retiennent, peut aisément s'en détacher en

effet et recevoir l'impulsion motrice lumineuse : ainsi le bois, quand il est séché, flambe beaucoup, tandis que, trop combiné intimement dans le charbon aux particules épaisses de l'élément terraque, et ne s'en détachant point sans s'unir et emporter avec soi dans l'atmosphère une quantité assez nombreuse de ces particules épaissies, le feu ne peut acquérir dans ces corps, qu'à un degré imparfait ; la vertu lumineuse, qu'il manifeste à un très haut point dans les foyers étincelans du bois embrasé.

159. Mais tous les théorèmes d'ailleurs de cette Analyse, et ceux de ce troisième livre spécialement, ont fait voir dans une victorieuse évidence, par tous les phénomènes de la lumière, que ce principe subtil était éminemment un corps simple et parfaitement dur et solide ; et que sa nature ne différait essentiellement de celle de la simple chaleur (art. 155), qu'en la force bien plus grande de son impulsion primitive qui l'avait constitué en un mouvement direct très rapide, c'est-à-dire dans une agitation qui fût capable de le faire élancer directement à travers les tourbillons mobiles éthérés. De cette supériorité de la force motrice de la lumière sur celle dont la simple chaleur est susceptible, et de sa rareté communément plus grande (art. 154), vient toute la différence qu'on observe entre ces deux agens de la nature et entre leurs effets respectifs. Car il est aisé de concevoir, je le répète, que les

lumières qui sont ou trop rares ou trop affaiblies de puissance pour agir avec une force assez vive sur le sens grossier du toucher, et agiter les fibres de nos corps, ne devront point y exciter du tout de chaleur; et que les brasiers les plus ardens, dont les émanations trop grossières, par une conséquence de leur mélange avec quelques-unes des parties terrestres les plus ténues, ne pénètrent que difficilement dans les réseaux des claires humeurs de l'œil, ne seront point à cause de cela même les plus lumineux.

De cette diversité caractéristique qui distingue essentiellement l'un de l'autre ces deux principes il doit arriver encore que la lumière, par sa subtilité surprenante et l'activité bien supérieure de son mouvement, exercera sur les différens corps naturels une action tout autrement forte et puissante que ne pourrait être celle de la simple chaleur, qui est moins subtile en général, et ne jouit point de cette extraordinaire vélocité qu'on admire dans les rayons ardens du soleil : telle me paraît être la différence d'une lourde balle qui, lancée violemment dans le cerveau d'un homme, le peut tuer, et de celle qui ne faisant que rouler avec légèreté sur son corps, lui devient à peine assez sensible. Il ne faut donc point s'étonner des réductions chimiques de l'oxide d'argent qu'opère, selon Scheële, la lumière, et particulièrement la plus subtile, dont la couleur est

violette, parce qu'elle s'infiltré avec une facilité bien plus grande dans les pores étroits de cet oxide, lorsque la simple chaleur employée seule n'est aucunement capable de le réduire à son état primitif de métal. (*Tr. ch.*, §§ LX, LXIII et LXVI.) Il ne faut point s'étonner des phénomènes naturels et de ceux surtout de la végétation que la lumière produit, et que la seule chaleur ne pourrait faire : car, plus subtile, elle pénètre mieux le tissu serré de la plante, et plus active, elle en agite les délicats ressorts avec plus de force et de puissance. Ainsi, elle doit être, et elle est en effet le principe de toute leur odeur et de leur coloration si variée. De là vient que les herbes et les diverses autres plantes que l'on fait croître à l'abri du jour dans les caveaux, loin du contact générateur de ses rayons rapides, n'offrent tristement à la vue qu'une fade et languissante verdure, des fleurs ternes et sans coloris, et un insipide parfum. C'est elle aussi qui déploie dans les climats les plus chauds et sur le sol brûlant de la zone torride le vif éclat des plus éblouissantes couleurs, quand les régions glacées, au contraire, et les frimats des pôles, n'étaient partout aux regards, qu'ils fatiguent de leur uniformité insipide, que des couleurs faibles et incertaines et la blancheur neigeuse de leurs fourrures; et c'est elle également qui distribue aux prairies brillantes de l'été un éclat nuancé de mille couleurs, que n'ont point les jeunes

bosquets des premiers jours de printemps, ni les fleurs des plaines humides de l'automne, lorsque l'œil ne découvre sur les campagnes attiédies que l'uniformité d'une blancheur égale et la triste couleur d'un jaune pâle. Mais cette action si énergique, et dont l'universelle influence se fait sentir partout dans la nature, elle la doit toute à la rapidité de sa chaleur : ce ne sont vraiment en tous ces faits que les résultats d'une chaleur rapide et véhémence qui darde, pour ainsi dire, dans les corps, et les pénètre intimement jusque dans leurs moindres parties; la lumière n'agit plus ici pour les produire comme le principe essentiel de la clarté, mais véritablement comme un principe chaud et ardent, ou comme un feu qui serait lancé de toutes parts avec raideur. Car jamais la clarté débile de la lune ne colorera une plante, ne parfamera une fleur; et les rayons impuissans du ciel brumeux de l'hiver ne développeront point dans la tige les écoulemens féconds de la sève glacée, que le feu des poêles développera. Le soleil, par l'action puissante de ses rayons, est comme le grand et universel moteur qui, imprimant à toutes les parties du monde créé leur fécond et interne mouvement, leur communique partout une force active, et met en jeu les ressorts de l'admirable et merveilleuse mécanique de l'univers.

160. Il serait peut-être convenable en ce livre, pour compléter cette théorie succincte des sensa-

tions que les impulsions du feu peuvent faire naître, de parler maintenant des odeurs, dont le feu est évidemment l'un des principes, puisqu'elles échauffent et entêtent, et qui sont plus grossières sans contredit que les essentiels principes de la chaleur, puisque, retenues en effet dans la cavité d'un crystal, elles ne se font point sentir à nos organes à travers sa poreuse épaisseur, lorsque la chaleur un peu forte s'y fait sentir. Mais les phénomènes peu connus qui sont particuliers à l'odeur, dont le principe mixte et hétérogène réside dans les vapeurs subtiles d'une chaude fumée (*Opt.*, quæst. 10), sont d'une nature trop dissemblable de celle que l'analyse nous découvre en les phénomènes lumineux, pour qu'on les doive confondre avec ceux-ci dans un ouvrage qui est spécialement destiné aux effets de l'élément simple du feu pur, considéré dans le mouvement direct de la lumière; et l'examen analytique sûrement en appartient plutôt à la théorie raisonnée des élémens, ou des mélanges divers de leurs combinaisons dans la composition des corps mixtes de la nature.

CONCLUSION.

THÉORIE DE LA LUMIÈRE.

161. Du sentiment de la lumière en général, et de la diversité des couleurs. — 162. Qu'il consiste en un mouvement vibratoire du nerf optique. — 163. Et que, par une disposition particulière des petits filets de ce nerf dans le cerveau, les images, qui s'y dépeignent doublement et renversées, paraissent simples et droites à la perception de l'âme. — 164. Que la lumière n'est autre chose que la matière même du ciel, que lance de toutes parts le soleil par son impulsion en des rayons directs et lumineux. — 165. Qu'elle ne peut perdre rien de son mouvement par la résistance des milieux éthérés qu'elle traverse dans les espaces du ciel. — 166. Et que sa matière est non-seulement la même que celle de l'éther, mais celle aussi de l'électricité et du magnétisme, et le principe de la combustibilité dans les corps. — 167. Que la lumière a dû se mouvoir en zigzag dans les tourbillons éthérés. — 168. Qu'il s'est ensuivi de là et de l'inégalité des grandeurs des petites parties lumineuses, qu'elle s'est transmise et réfléchié dans les milieux par des accès alternatifs et inégaux dans les différens rayons homogènes. — 169. Et que de l'inégalité de ces accès et de leur nature dérive toute la diversité des couleurs dans les corps opaques. — 170. D'où vient que le feu paraît être le principe colorant de toutes les substances; couleurs changeantes de certaines fleurs. — 171. Erreur de Lavoisier et de Franklin; phlogistique de Stahl. — 172. De la réflexion de la lumière à son passage sur un nouveau milieu. — 173. Des deux réflexions superficielles des corps opaques. — 174. De la réfraction en général, et respectivement à chaque lumière. — 175. Des alternatives ou des impulsions intérieures des rayons. — 176. Si ces alternatives n'auraient point leur cause dans une succession d'impulsions répétées, qui seraient transmises ou propagées dans l'éther de l'une à l'autre de ses parties. Réflexion générale sur les théories carté-

siennes. — 177. De l'origine et de la nature de la chaleur. — 178. Que la matière éthérée se porte de toute sa masse des régions équinoxiales vers les pôles. — 179. Que de cette tendance universelle vient la direction méridienne de la boussole. — 180. Et qu'elle est aussi l'origine première des météores lumineux qui se manifestent dans les régions élevées de l'atmosphère. De l'aurore boréale et de la lumière zodiacale. — 181. Conclusion.

161. Résumant en dernière conclusion tous les faits que les démonstrations précédentes ont constatés, nous croyons pouvoir établir comme certains, autant du moins que les choses humaines et nos facultés le permettent, les divers points de la théorie lumineuse que nous allons brièvement exposer.

§ I. DE LA SENSATION DE LA LUMIÈRE.

La lumière n'est autre chose dans le cerveau que le mouvement que de petits corps très subtils, qui pénètrent dans l'intérieur de l'œil, impriment aux filets mobiles du nerf optique sur la tunique rétinée; et la diverse façon ou l'intensité différente de ce mouvement nous produit la sensation des couleurs. DESCARTES. *Dioptr.*, disc. 6 (*suprà*, art. 105). Considérées dans la variété des substances qui frappent nos regards, la lumière et la diversité des couleurs, si on les comprend dans le général, ne sont autre chose que les façons diverses dont ces substances reçoivent la clarté du jour qui leur parvient, et dont elles la renvoient vers nos yeux. DESC. *Ibid*, disc. 1.

Newton, dans sa définition des lumières simples, envisage les couleurs sous un rapport plus spécial et relativement à la nature diverse de ces lumières. « De même, dit-il, que le son dans une cloche ou » dans les cordes de la musique, ou un corps quel- » conque qui résonne, n'est autre chose qu'un cer- » tain mouvement frémissant, et dans l'air que ce » même mouvement propage du corps sonore qui le » produit : ainsi les couleurs, dans les objets qui » s'offrent à nos yeux, ne sont autre chose qu'une » disposition qui leur fait réfléchir plus abondam- » ment certains rayons colorés que tous les autres, » dans les rayons qu'une propriété naturelle de » transmettre aisément au cerveau tel mouvement » qui est particulier à chacun, et dans le cerveau » que le sentiment de ce mouvement sous l'appar- » rence de la couleur. » *Opt. lib. 1, pars 2, prop. 2, (suprà, prop. vi, scol. gen.)*.

462. Le premier article de cette analyse a fait connaître, que le sentiment lumineux a véritablement son origine dans une impulsion naturelle de certains petits corps qui ébranlent les filets des nerfs; et il n'est pas douteux que de la diversité des impulsions de ces corps dérive essentiellement toute la variété des couleurs qui se font sentir à la vue : car « lorsque dans un lieu obscurci, dit Newton, on » comprime de l'un de ses doigts le globe de l'œil » en même temps qu'on le tourne en de différens

» sens; on croit voir comme jaillir des cercles co-
 » lorés, semblables à ceux dont parait nuancée la
 » queue des paons. » (Quæst. 16.) Et Descartes ob-
 serve que lorsque la vue a été quelque temps fa-
 tiguée par l'impression trop vive d'une grande
 lumière, comme si l'on considère fixement la clarté
 ardente du soleil, elle voit encore dans l'obscurité
 diverses nuances qui se changent en s'affaiblissant,
 comme l'agitation des nerfs diminue; ce qui est sans
 doute, ajoute-t-il, une preuve assez forte que la
 diversité de ces couleurs ne dépend que de la viva-
 cité différente de l'ébranlement des petits nerfs de la
 vue. *Dioptr.*, disc. 6 (*suprà*, art. 123). Ce même
 exemple nous peut convaincre encore que le mouve-
 ment lumineux, selon la remarque très juste de New-
 ton, doit consister intimement dans un mouvement
vibratoire du nerf optique, c'est-à-dire dans une
 sorte de tremblement ou de vacillation de quelque
 durée qui est produite dans ce nerf. « En effet, dit cet
 » auteur, lorsqu'un charbon ardent est mù en cercle
 » par un mouvement très rapide, l'espace entier qu'il
 » parcourt semble tout un orbe de feu; et comment
 » cela se ferait-il, si les mouvemens que les rayons
 » de la lumière excitent dans les petits filets de la
 » vue n'étaient durables de leur nature, et ne per-
 » sistaient, jusqu'à ce que le charbon enflammé,
 » ayant achevé le cercle qu'il décrit, fût revenu de
 » nouveau à son premier lieu? » (Quæst. 16.) C'est

semblablement pour cette cause que l'œil ébloui d'une trop étincelante clarté la voit encore, tant que l'ébranlement continue dans le nerf optique, au milieu même de l'obscurité des ténèbres.

163. Ainsi les images des objets qui, selon l'article *quatrième*, et comme l'expérience de l'œil qu'on a placé à l'ouverture d'un cabinet obscurci nous le prouve, se dépeignent au fond du globe de la vue sur la substance nerveuse de la rétine, sont portées de là dans le cerveau au siège des sens, par ce mouvement tremblant ou vibratoire des petits filets des nerfs, dont l'épanouissement est ce qui compose cette molle tunique qu'on a nommée la *rétine*. Nous avons vu, à ce même article *quatrième*, par la constitution de l'œil, que les objets s'y doivent représenter constamment comme renversés et dans un sens inverse à leur disposition véritable, quoique réellement nous les jugions toujours dans la situation naturelle que respectivement ils occupent. Cette singularité, qui a exercé beaucoup la subtilité des philosophes, ne nous semble pas au réel devoir signifier autre chose, sinon qu'en cette image renversée sous laquelle les objets éclairés se dépeignent, consiste, par l'organisation qui est particulière au cerveau, ou la situation respective des divers points où cette image par l'entremise des nerfs y est portée, la perception régulière d'une vue droite et distincte. Et il n'est pas moins manifeste que les objets

encore, se devant peindre dans chacun de nos yeux par des rayons différens, se feront ainsi discerner inévitablement sous une double image par les organes de la vue, comme il est aisé en effet de s'en convaincre en regardant tour à tour de chaque côté la situation d'un même objet sur une glace (art. 2); mais de l'accord et de la justesse admirables qui existent dans la manière dont la sensation de ces deux images se propage par le canal des nerfs au cerveau, il doit résulter en total, de leur réunion immédiate au siège même des sens, ainsi que Newton l'explique à sa question quinziesme, une perception simple, nette et bien distincte de tous les objets qui nous parviennent à la vue. Nous ne partageons point à cet égard le sentiment de Buffon, qui, dans son Histoire de l'Homme, veut croire plutôt que cette perception des objets dans la réalité se devant offrir au cerveau sous une empreinte double, ce n'est vraiment que par un jugement de l'esprit que l'habitude nous les fait tous les jours estimer simples; et cette assertion d'ailleurs n'est confirmée en aucun point par les récits qu'il rapporte lui-même, d'après Chéselden, concernant un jeune homme, aveugle de naissance, à qui les soins de ce savant docteur étoient parvenus à procurer la jouissance de la vue, puisqu'il confesse au contraire qu'il ne fut pas possible de s'assurer que ce jeune homme, lorsqu'il ouvrit les yeux à la lumière,

et avant que l'habitude les eût formés, comme il l'estimait, à une perception simple, vit en effet les objets doubles. Cette opinion d'un naturaliste estimé ne nous semble donc qu'une induction erronée de cet autre fait, emprunté également du même docteur Chéselden dans son Anatomie, qu'un homme étant devenu louche par l'effet d'un coup à la tête, vit les objets doubles pendant long-temps, et que ce ne fut qu'après bien du temps écoulé qu'il vint à les juger simples comme auparavant, quoique ses yeux, observe-t-il, eussent conservé toujours la mauvaise disposition que le coup avait occasionnée dans cet organe; car c'était sans doute que par le laps de temps la conformation du nerf optique s'était accommodée à cette fausse direction de ses yeux. — BUFFON, *Hist. nat. de l'Homme*, titre de la vue.

§ II. DE LA MATIÈRE DE LA LUMIÈRE.

164. La lumière, considérée dans sa substance (art. 125), est cette matière subtile (art. 135) qui retombant de tous les points du vaste cercle des cieux, comme l'essentiel principe de la pesanteur (art. 126), sur la masse solide dont le soleil se compose, en est renvoyée de toutes parts avec une égale force et dans une quantité égale sous la forme du mouvement direct de la lumière (art. 129).

Ainsi le soleil ne doit perdre, et il ne perd point réellement la moindre parcelle de sa substance par

cette émission énorme de lumière qu'il envoie sans relâche en tous les coins du monde, puisqu'il ne renvoie autre chose que ce qu'il a reçu ; et l'on conçoit que, quand bien même le globe ardent de cet astre ne serait purement qu'un corps opaque tout solide et d'une dureté très parfaite, il n'en posséderait pas moins en un égal degré la même vertu lumineuse, puisque toute l'action qui la lui donne est l'action simple d'un corps moussé sur lequel se brisent avec une rapide véhémence, comme des torrens électriques, les courans éthérés de la matière céleste. Ce n'est vraiment, à notre avis, que l'agitation extrême de cette fluide matière qui vient frapper sur sa masse, qui aura dû inévitablement liquéfier dans l'origine, par son action brûlante, la surface de ce foyer ardent de l'univers, comme le feu brûle et liquéfie les métaux, ou comme la lumière est capable d'enflammer le soufre, et de réduire l'or en une liquide fusion. (Art. 150, 154.)

165. Dans son passage par les espaces empyrés jusqu'aux atmosphères vaporeuses des plus distantes planètes, la lumière, selon la troisième loi de la motion, au cent vingt-septième article, n'a dû rien perdre en total de son mouvement naturel par la résistance du milieu éthéré dont ces espaces sont uniformément tout remplis ; car ce fluide jouit précisément, en la vaste étendue des cieux, de la même quantité relative de force mo-

trice dont la lumière paraît elle-même être douée. (Art. 150.) En effet, il ne peut rejaillir du soleil assurément plus de matière éthérée qu'il n'en arrive; et comme cette matière y retombe, par des espèces de rayons, de tous les points de la circonférence étoilée du firmament comme sur un centre commun, et s'en réfléchit en lumière de la même sorte et avec un mouvement nécessairement le même, ou proportionnel du moins à l'impulsion de ce mouvement premier, quoique devenu direct par le choc (puisque l'action du soleil sur cette matière, comme nous le venons d'enseigner, n'étant autre que celle d'un corps moussé parfaitement dur, et qui est supposé immobile, ne peut lui donner ni retrancher rien, par la seconde loi d'impulsion, de sa motion primitive), il est bien certain que la lumière, à tous les points de l'immense cercle du monde, se doit rencontrer de nécessité avec la même force et la même quantité relative de motion, que celle dont le fluide subtil de l'éther paraît lui-même être poussé : ou avec une force sans contredit qui est toujours à celle de ce fluide, comme la puissance d'impulsion dont ses parties rapides ont été lancées par la répercussion du soleil, était à celle dont elles étaient mues en effet au moment que l'action puissante de cet astre les constitua en des rayons directs et lumineux. Donc ces rayons de lumière, qui nous sont émis du centre moteur du soleil, se devront par-

tout avancer aussi librement dans les courans mobiles de l'éther dont tout l'espace est rempli, que si l'étendue des cieux était toute vide et absolument libre de matière; et ils parviendront ainsi progressivement à la sphère opaque de notre globe et aux diverses autres planètes, avec la même puissance d'impulsion respectivement à chacune de ces sphères, que s'ils n'avaient rencontré en effet dans toute leur course aucune résistance quelconque qui les eût gênés, ou que s'ils étaient émis et envoyés dans toutes les mêmes circonstances de tout autre point, quelque plus proche qu'il pût être de ces mêmes globes : c'est-à-dire que si le fluide éthéré qui se meut dans le voisinage de quelqu'une de ces sphères venait à recevoir, en ce même lieu très proche, son mouvement direct de lumière par une action absolument semblable de tous les points à celle que le soleil exerce sur ce fluide, ces nouveaux rayons lumineux devraient jouir exactement d'autant de force, et n'en acquerraient point davantage, que les rayons directs de cet astre qui parviendraient en le même moment dans ce même lieu.

166. Mais la matière lumineuse est non-seulement la même que le fluide céleste ou éthéré, qui produit par ses courans rapides et universellement répandus l'universel phénomène de la gravitation : c'est encore cette même matière qui brûle dans les substances combustibles (art. 143), qui gronde

dans le tonnerre et foudroie dans l'électricité, et qui attire et réciproquement repousse par sa vertu magnétique dans l'atmosphère invisible des aimans. (Art. 131.) *Elle se compose de sept parties homogènes* (art. 101), *toutes solides* (art. 125), *inégaux entre elles de grandeur et par conséquent de puissance* (art. 108), et dont la figure générale paraît être celle d'un petit corps allongé et dont toutes les faces latérales seraient exactement planes et pour la plupart parallèles (art. 149); lesquelles subtiles parties homogènes, étant mues de leur mouvement rectiligne de lumière, nous font éprouver chacune l'une des sensations des sept couleurs du jaune, de l'orangé, du vert, du rouge, du bleu, de l'indigo et du violet (art. 107), et agitées de leur mouvement ordinaire de fluide, produisent dans la masse générale de leur substance comme sept sortes de petits tourbillons bien distincts et inégaux de grandeur et de force (art. 136), de même que ces parties le sont entre elles de puissance motrice et agissante.

L'opinion généralement adoptée de nos jours, que la matière d'où l'électricité a sa cause, et celle de laquelle dépend le magnétisme, que l'on distingue essentiellement l'une de l'autre, sont chacune la combinaison immédiate de deux fluides éminemment différens, et à qui l'on suppose la vertu singulière de se repousser par une action réciproque en

de certains cas, est non-seulement hasardée et tout hypothétique, mais elle ne saurait même soutenir sur aucun point un examen sérieux et approfondi. Une telle propriété de répulsion supposée naturelle à ces deux fluides unis et hétérogènes, qui, opposés l'un à l'autre, existeraient et agiraient ensemble, n'est nullement concevable, et elle ne se peut réduire aux lois simples de la véritable mécanique : il n'est pas, dis-je, concevable que deux corps soient organisés tels par leur nature, que, mêlés incessamment entre eux, ils se doivent essentiellement repousser et se combattre d'une action intime. Par quelle loi, par quel ressort de leur organisation secrète, une aussi étrange impulsion, qui serait inverse dans chacun, se devrait-elle en effet accomplir ? Newton ne le pouvait du tout concevoir : *verum quæ fieri queat ut per spatium universum diffusa sint duo ætherum genera... concipi utique non potest.* (*Opt.*, quæst. 28.) Et si l'on imagine dans ces petits corps une sorte de mécanisme organisé, pour qu'ils se doivent ainsi et de nécessité repousser en de certaines rencontres mutuellement, quelle force, quel agent, quel levier ferait donc monvoir les ressorts de cette étonnante mécanique, et pourrait être capable de leur communiquer alors l'impulsion ? Faudra-t-il feindre en un mot dans les réflexions et les réfractions si uniformes de la lumière, qui s'opèrent par une semblable loi d'impulsion (art. 145), l'opposition occulte

des contraires actions de ces hétérogènes fluides mécanisés? Que l'on se représente un courant d'une matière quelconque très mobile qui se meuve avec une rapidité véhémence sur la surface lisse et égale d'un corps, la matière qui se viendra offrir à ce corps par le côté où les flots du courant lui arrivent, en devra être inévitablement entraînée sur les parties du corps où il s'écoule, tandis que celle au contraire qui s'en approchera par l'extrémité opposée où le fluide débouche, emportée de même par la rapide direction de son courant, sera nécessairement repoussée et rejetée avec violence loin du contact du même corps : telle est la seule force de répulsion que nous puissions concevoir dans la nature, et nous ne connaissons aucune loi, aucun principe réel de la mécanique qui en puisse encore établir d'autre qui ne soit comprise déjà dans cette même force. Descartes, il y a deux siècles, avait dit cela, et Euler l'avait dit : pourquoi préférer toujours à des explications claires, simples, évidentes, concevables, le vague et le chaos confus d'une foule d'hypothèses et de qualités occultes, contradictoires, incompréhensibles, obscures, pour ne rien dire de plus, que personne ne peut expliquer et que personne non plus ne peut comprendre?

§ III. DU DOUBLE MOUVEMENT DE LA LUMIÈRE ET
DES COULEURS.

167. La lumière, si subtile, heurtant à chaque moment de sa marche sur des corps aussi forts ou plus solides qu'elle-même, ne pouvait suivre sa course librement dans une direction toujours droite, mais elle a dû être chaque fois répercutée par ces corps, et sa course, comme celle de la foudre, a été rompue ou en zig-zag. (Art. 39.) Cette inflexion cependant de ses rayons progressifs ne s'est pas faite, sans aucune distinction effective, sur tous les corpuscules quelconques qu'ils ont heurtés : mais les parties terrestres, trop grossières, leur enlevant par l'impulsion motrice qu'elles en reçoivent tout leur mouvement lumineux (art. 148), n'ont pu les propager en aucune sorte dans leurs motions; et ils ne se sont vraiment infléchis par des répercussions successives bien régulières, que sur les seules parties de la matière céleste, ou l'éther (art. 132), dont les tourbillons rapides et très mobiles, cédant aisément à leur choc, les ont constamment renvoyés, par l'effet de leur propriété élastique, selon le sens uniforme où ils en venaient d'être frappés. (Art. 45.)

168. La conséquence de ces impulsions successives a été, comme je le viens de dire, que la lumière s'est propagée en zig-zag dans les tourbillons

éthérés par des mouvemens égaux et alternativement contraires l'un à l'autre. (Art. 23.) Et comme, dans ses changemens de milieu, se répercutant inégalement sur les tourbillons nouveaux de l'éther que le milieu incident lui opposait, elle se transmettait nécessairement dans leurs petits passages, lorsque sa direction se rencontrait oblique à la surface, en une abondance sensiblement plus grande par le côté de ces passages qui était opposé directement à l'obliquité de sa motion, que par l'autre côté qui lui était inverse (art. 16, n. 2); que d'ailleurs, par cette propriété qu'on lui a reconnue de ne s'infléchir jamais sur les tourbillons éthérés que dans le sens même de son impulsion, chacune des alternatives de son mouvement en zig-zag a dû faire transmettre ses rayons naturellement par un côté différent de ces petits passages (art. 46): il est de là résulté que la lumière, dans ses incidences obliques sur les milieux, *y a été transmise plus abondamment par l'une des alternatives de sa motion, et plus abondamment réfléchie au contraire par son alternative inverse.* (Art. 49.) — *Opt.*, lib. 2, prop. 12.

Et comme de plus nous avons enseigné, dans le précédent paragraphe (art. 166), que les tourbillons éthérés où nous estimons que se doit propager la lumière et où elle s'infléchit, sont inégaux de grandeur, comme leurs petites parties sont inégales, les sept rayons lumineux, dont la nature d'ailleurs

est toute la même, suivant les rapports différens de leurs grandeurs, ont dû s'infléchir de même différemment sur ces tourbillons inégaux (art. 80), *et les alternatives des répercussions isochrones des sept rayons simples des sept couleurs ont été inégales respectivement.* (Art. 69.)—*Opt.*, lib. 2, prop. 16.

169. De ces deux principes, découverts par Newton, que la lumière se transmet et successivement se réfléchit dans une quantité inégale par chacune des alternatives de sa motion, et que ces alternatives se succèdent à des intervalles différens dans les différens rayons colorés (art. 168), se déduit toute sa théorie des couleurs dans les substances opaques. Car si l'on conçoit effectivement, comme la figure douzième le représente, que les sept rayons homogènes, à la première surface d'un milieu dans l'intérieur duquel ils pénètrent, commencent tous en un même point central la succession régulière de leurs accès, ces accès étant reconnus inégaux pour chacun d'eux, il devra arriver bien certainement que quand leurs faisceaux confondus parviendront à la seconde surface de ce milieu, les uns, dont les intervalles des pulsions sont plus distans, se pourront rencontrer en plus grand nombre dans l'une de ces alternatives de leur motion, et les autres, qui sont plus tardifs que ceux-ci, dans l'alternative opposée; de sorte qu'il y aura toujours réellement, à cette seconde surface, certains rayons

qui seront réfléchis naturellement en beaucoup plus grande quantité que ne le seront les divers autres (art. 82) : et ces rayons plus nombreux devront affecter la vue plus fortement de la sensation particulière de la couleur homogène qui leur est propre. (Art. 88.)

170. Voilà ce que Newton a reconnu il y a un siècle, sans toutefois en avoir pu dire l'origine. Mais cette Analyse, en outre, a fait voir, au *quatre-vingt-troisième* article, que cette propriété colorante appartenait spécialement à de très petits milieux, et que les particules diaphanes un peu grosses devaient demeurer blanches ou incolores uniformément. C'est dans cette petitesse indispensable à la manifestation des couleurs qu'il faut chercher sans doute l'explication d'un fait, assez singulier en apparence, qui a frappé toujours notre attention, et dont le nouveau livre des Principes a emprunté même l'un des caractères distinctifs de l'élément du feu, en le dénommant un élément coloré : c'est à savoir que tous les corps en lesquels brille l'éclat nuancé des plus superbes couleurs, recèlent toujours dans leur substance intime quelques parcelles de cet élément occulte du feu, qui leur communique, en un degré sensible plus ou moins, la propriété combustible. Les diverses plantes en effet, et la substance solide du métal, d'où se retirent tous les principes colorans dont il

est fait usage dans les arts, sont des matières éminemment combustibles ; au lieu que les cristaux les plus transparens et les substances calcaires, qui résistent avec une force très grande à la violence de l'ignition et ne s'enflamment jamais, sont au contraire blanchâtres de leur nature et communément incolores, ou s'ils se nuancent quelquefois d'un coloris vif et varié, la chimie nous enseigne qu'ils n'en doivent toute la variété agréable qu'aux principes métalliques et colorans dont leur substance a été empreinte dans l'origine.

La raison probable de tous ces faits nous paraît être, disons-nous, que le feu, en se combinant intimement à la substance mixte des corps, nuit sans doute à la liaison intérieure et à l'adhérence des petites parties qui les composent, et en contrariant de la sorte par son mélange le rapprochement naturel, doit être cause que leurs molécules constitutives ne pourront point être aussi grosses ni aussi ramassées au réel qu'elles auraient dû l'être autrement, si leur attraction réciproque n'eût été gênée en effet. Ainsi les compacts métaux, dont l'éblouissant éclat nous dénote, dans le général, la blancheur des plus fines parties de la matière (art. 89), après la petitesse du moins des molécules dont la couleur du noir est réfléchie, se nuancent successivement des autres teintes des dernières séries des couleurs, à mesure que l'oxidation lente qui les détruit, en dé-

gageant les particules du feu qu'ils recèlent (P. N., art. 219), permet aux élémens terrestres dont leur première base se compose de se rapprocher intimement et de se réunir avec plus de liberté et plus d'union; et ils passent par les diverses nuances du violet, du bleu, du vert, du jaune, de l'orangé et du rouge, dans la succession de plusieurs séries progressives, comme il paraît par les oxides brillans du mercure, du plomb, du cuivre, du cobalt et du fer *, jusqu'à l'uniforme blancheur qui est la fin de toutes les séries colorées (art. 91, n. 3), et où il en est peu qui parviennent : et lorsqu'ils sont enfin descendus à ce dernier état de la couleur blanche, ou à quelque degré de couleur qui en approche, si on les chauffe alors avec une intensité assez forte pour leur rendre quelque portion du feu qu'ils ont perdu, leurs molécules, en se divisant et resserrant, reprennent de nouveau la teinte de quelqu'une des précédentes couleurs qu'elles affectaient, ainsi qu'on l'observe dans le minium, ou oxide rouge de plomb, qui, étant chauffé violemment, remonte à son état premier d'oxide jaune, et surtout et plus spécialement encore dans l'oxide

* Degrés de l'oxidation

Du *mercure* : noir; jaune, rouge.

Du *plomb* : gris; jaune, orangé, rouge; brun violet.

Du *cuivre* : bleu, vert, brun.

Du *fer* : noir, blanc; violet, bleu, jaune, rouge; brun

Du *cobalt* : gris, rose lilas; bleu, olive, puce; bleu très foncé.

blanc du molybdène, qui, échauffée avec une matière ignée et combustible, s'obscurcit d'une nuançe légère de la couleur bleue. Et cette observation se confirme par la diminution dans ces corps de la gravité spécifique, qui s'affaiblit toujours graduellement à mesure que, par l'oxidation, ils se brûlent et se décomposent davantage; car la gravité étant la mesure de la quantité effective des surfaces des parties impénétrables des corps (P. N., art. 55), plus les corps mixtes contiendront des molécules divisées de l'élément simple feu, et plus ils auront aussi intérieurement de petites surfaces en total (P. N., art. 45), et par suite de densité respective et de pesanteur (P. N., art. 82): ainsi les oxides des métaux, où plusieurs de ces molécules subtiles se sont perdues, doivent être et sont effectivement plus légers à proportion que les primitives substances d'où ils proviennent. *Donc le feu est le vrai principe colorant* (art. 159), *comme le principe combustible* (art. 143) *de tous les corps, en ce que, contrariant par son hétérogène mélange le rapprochement intérieur et l'adhésion de leurs terrestres parties, il est cause que leurs molécules constitutives doivent acquérir, en se divisant et se resserrant, la subtilité nécessaire pour réfléchir l'une des sept couleurs naturelles.*

De là vient que le coloris des herbes et les brillantes teintes de la soie changent et s'effacent par degrés à l'impression vive du feu et des rayons ardents de la

lumière; que certains cristaux, légèrement chauffés, se colorent; que la terre pesante de l'argile, qui est verdâtre, et les crustacés, prennent, en cuisant, la teinte nouvelle d'un rouge clair; que l'ardeur brûlante des acides et des alcalis change ou consume entièrement la couleur des diverses substances qu'elle pénètre; et enfin que toutes les matières, en se brûlant, présentent dans leurs scories inégales, dans leurs résidus ou dans leurs flammes, des altérations successives et des gradations variées de couleurs. Les fleurs mêmes de certaines plantes nous offrent aussi dans leurs périodes divers de telles mutations colorées. De ce nombre sont le *nyctanthes sambac* de Linné, et l'*hortensia opuloides mutabilis* de Lamarck. Mais la plus remarquable entre toutes ces plantes est la fleur de la ketmie changeante, *hibiscus mutabilis* de Linné, dont la corolle s'épanouit blanche, passe au rose, et se flétrit pourpre : et ce qui mérite en cette singulière fleur de fixer plus particulièrement l'attention, ces changemens dans son coloris variable sont progressivement plus rapides, suivant aussi qu'est plus chaude la température du climat; et tandis qu'au sol brûlant des Indes la fleur naît, se colore et meurt en un seul jour, elle en dure cinq sous les cieux plus doux de la France, et en Angleterre huit.

171. Une singularité que l'occasion me rappelle, et qu'il ne sera point peut-être inutile de remarquer en terminant ce paragraphe, parce qu'elle peut don-

ner à penser au philosophe sur les contradictions étranges de l'esprit humain, c'est que Lavoisier a prétendu, dans l'un de ses mémoires, que le principe que les métaux absorbent en se brûlant et abandonnant leur feu, principe qu'il a nommé oxygène, est *le véritable, le seul corps combustible*. (*Encyc. chim.*, tom. III, pag. 437.) Mais si ce corps, tel qu'il l'affirme, est le véritable combustible, pourquoi donc les substances qui en ont été vivement pénétrées, comme les chaux métalliques et tous les résidus des corps brûlés, ne sont-elles plus alors susceptibles de prendre flamme de nouveau ? pourquoi enfin les chimistes ne feraient-ils point brûler le crystal dans leur oxygène pur, comme le diamant se brûle et se consume par le feu ? C'est, disent-ils, que le crystal n'a point d'affinité sûrement pour l'oxygène. Mais d'où vient, peut-on demander, qu'il n'en a aucune, lorsque l'affinité du diamant pour ce même corps paraît si forte ? N'est-ce pas en effet que cette substance contient essentiellement un principe qui n'existe pas dans le crystal ? Eh bien, c'est ce principe dont le crystal est dénué et que renferme le diamant, que nous estimons le vrai, l'unique élément chaud et combustible, et que les stahliens, long-temps avant nous, avaient dénommé déjà le principe *phlogistique* ou le véritable feu pur. (P. N. *intr.* art. 2 et. 15.)

Ainsi Franklin encore avait soutenu que quand la

foudre éclate sur nos têtes, c'était la terre qui foudroyait les cieux, et non point les cieux la terre : *'tis the earth that strikes into the clouds* (Lét. 12); et il avait nommé par excellence corps électriques les cristaux, qui sont dans la réalité, de toutes les substances naturelles, celles qui ont le moins de rapport avec l'élément électrique; car le crystal parfaitement pur n'est autre chose que la terre même élémentaire, ou l'eau compacte solidifiée. (P. N., art. 92.)

§ IV. DE L'INFLEXION, DE LA RÉFRACTION ET DE LA RÉFLEXION.

172. Tant que la lumière suit sa course dans les espaces d'un même milieu, son mouvement s'étant accommodé aux passages que ce milieu lui présente (art. 58), ou ses petites parties, pour mieux dire, s'étant infléchies de telle sorte dans les tourbillons de l'éther qui remplit le vide de ces passages, qu'en harmonie avec les motions internes du fluide, elles le viennent frapper constamment dans un même sens uniforme qui les fait avancer comme en zig-zag par des répercussions régulières (art. 147), les faisceaux entiers de ses rayons doivent continuer de s'y propager librement, et sans y souffrir en effet aucune réflexion qu'on puisse voir. Mais lorsqu'une fois elle est arrivée à la limite d'un milieu nouveau, où les tourbillons de l'éther, qui se meuvent en des passages différens de ceux qu'ils avaient en le précédent milieu,

sont, ou bien plus rapprochés qu'ils n'étaient, ou plus distans au contraire les uns des autres (art. 137), elle se brise sur ces tourbillons inégaux dont les mouvemens, différens de ceux des tourbillons premiers qu'elle suivait, ne sont plus, comme étaient ceux-ci, dans une harmonie exacte avec les siens propres; et elle est en renvoyée irrégulièrement, comme sur une multitude de petits corps solides bien distincts (art. 145), suivant le sens où ses divers rayons les viennent choquer : c'est-à-dire que la réflexion de la lumière n'a d'autre cause *que la rupture de ses rayons incidens sur les tourbillons différens de l'éther qu'elle rencontre dans son passage à un milieu nouveau*; et c'est pourquoi sa dispersion irrégulière ne suit pas la raison de la solidité des milieux, mais la raison seulement de l'inégalité des puissances que les deux milieux contigus exercent sur ses rayons homogènes, c'est-à-dire (art. 56) l'inégalité de leurs deux puissances réfractives.

173. Tel est donc le principe général de la réflexion, et la loi suivant laquelle elle se fait sur la surface des divers milieux transparents. Mais les substances opaques, comme on l'a enseigné d'après Newton (art. 85), se constituant intimement de l'assemblage de tels milieux fort petits, et une réflexion de la lumière, d'après ces mêmes lois précitées, se devant accomplir nécessairement sur chacune des deux surfaces opposées de ces milieux,

ces substances nous répercuteront la lumière par deux réflexions différentes de leurs petites parties éclairées (art. 88), celle d'abord de la première surface de ces parties, qui s'effectuera indistinctement et par une égale force sur les rayons homogènes de toutes les teintes, et celle ensuite de leur seconde surface, par laquelle elles réfléchiront plus fortement, après une réfraction intérieure, les rayons de la couleur spéciale qui leur est propre (art. 169) : c'est par la première de ces deux réflexions, qui s'accomplit toujours selon l'angle de l'incidence à la surface (art. 2), que les miroirs et les autres corps polis nous réfléchissent une exacte représentation des objets; et c'est par la seconde, que ces objets eux-mêmes nous font éprouver la sensation distincte de leurs couleurs. Cette distinction des deux réflexions différentes de ces corps a été clairement définie au cent trente-neuvième article, en traitant de la propriété lucide des miroirs.

174. Si le brillant faisceau de la lumière, en arrivant sur un milieu nouveau qui le heurte, vient à pénétrer obliquement dans ce milieu, comme il y aura une quantité plus grande de ses rayons qui se brisant, à l'opposé exactement de sa direction oblique, sur les petites parties éthérées, en seront repoussés naturellement vers l'intérieur du milieu en le sens contraire à celui où cette direction les portait, ainsi que plus haut la troisième figure l'a

fait voir, cette plus grande masse des rayons, par son impulsion supérieure, devra entraîner nécessairement tout le faisceau à se fléchir en ce sens, et la lumière sera détournée à proportion de sa primitive course. (Art. 16, n. 2 et 3.) Telle est la raison de l'inflexion que ses faisceaux rapides doivent subir entre deux lames de couteau très rapprochées (art. 121, n. 2), et dans les intervalles fort étroits de la surface réfringente d'un milieu où leurs rayons subtils se transmettent (art. 21); et cette dernière inflexion que suit leur course dans les milieux diaphanes est ce qui a été nommé une réfraction. La réfraction n'est donc, à proprement parler, *que le résultat immédiat des impulsions différentes qui sollicitent un rayon à son passage en de nouveaux intervalles réfringens*; et cette déviation, qui se fait toujours par une régulière loi vers la ligne perpendiculaire au plan de ces intervalles mêmes qui la produisent (art. 17), se mesure exactement comme la motion que doit recevoir un corps qui est sollicité par plusieurs forces dont les directions impulsives sont différentes, et elle en suit uniformément toutes les lois. L'inégalité respective de la réfraction dans les sept lumières homogènes ne provient aussi que de l'inégalité de puissance, résultat nécessaire de leur diversité de grandeur (art. 166), que ces différentes lumières exercent les unes sur les autres respectivement

(art. 70); c'est-à-dire qu'elle ne provient que des impulsions différentes qui les sollicitent chacune dans un inégal degré.

475. Mais les déviations successives que la lumière subit dans sa propagation intérieure au même milieu, et qui, en constituant le double mouvement, sont l'origine, comme on l'a vu (art. 169), de la production des couleurs dans les substances opaques, ont sans contredit une autre cause que cette déviation générale d'où la réfraction procède (art. 174), et elles ne lui peuvent être du tout assimilées (art. 147); car au lieu que celle-ci s'effectue par une rupture très irrégulière des rayons sur les tourbillons différens de l'éther, dont ils éprouvent une résistance inégale à celle du précédent milieu d'où ils viennent (art. 138), et qu'il s'ensuit une réflexion abondante de la lumière dispersée (art. 57), les alternatives au contraire ne sont produites dans l'intérieur des milieux que par des répulsions très régulières et constamment uniformes (art. 45), et il n'en résulte aucune réflexion lumineuse qu'on puisse sentir. (Art. 58.) D'ailleurs ces déviations uniformes d'où les alternatives résultent intérieurement se succèdent pour chacun des rayons, au contraire de l'inflexion réfractante qui est commune à tous, à des distances respectives très inégales (art. 82) : elles n'arrivent donc pas, bien sûrement, comme il en est de celle-ci, par les im-

pulsions nécessitantes de plusieurs forces qui solliciteraient à la fois tout le faisceau ; mais elles se doivent évidemment accomplir par l'impression unique d'une seule cause ; et c'est le choc particulier de chaque rayon sur une partie éthérée d'une égale grandeur et d'une force égale. (Art. 135.) Donc chacun des rayons partiels de la lumière, dans ses impulsions intérieures et successives, *est répercuté isolément par un atome particulier de l'éther, dont le mouvement coïncide avec le mouvement même qui lui est propre.* (Art. 136.)

176. J'ai recherché ensuite s'il ne se pouvait pas faire que chaque rayon, ainsi qu'une bille qui en choquant une autre sur un billard, lui communique souvent toute sa motion et demeure immobile en sa place, transférât de même son impulsion progressive à la partie de l'éther que nous avons vu qu'il devait choquer nécessairement dans sa propagation intérieure (art. 175), en telle façon que, par un échange continuel, chaque partie éthérée successivement en faisant ainsi partir une autre et reprenant sa place, la lumière se propageât en effet par d'alternatives impulsions dans le fluide de l'éther, à peu près comme Euler et Descartes le concevaient dans leur théorie hypothétique (P. N. *intr.*, art. 27), mais sans assez préciser ni définir ce mouvement direct véritable d'un corps réel et solide, puisqu'il n'était question dans leur système que d'une pro-

que celle-ci. Mais cette méthode d'une succession continue de nouveaux rayons qui se chasseraient mutuellement les uns les autres nous paraît fort douteuse et infondée ; elle répugne à la simplicité de la nature : car pourquoi donc , à bieu examiner , serait-ce plutôt la partie éthérée que le rayon frappe qui rejaillirait en lumière , que non pas ce rayon lui-même déjà lancé ? Tous les deux se meuvent , il est vrai , mais leur mouvement diffère essentiellement (art. 129) : par quelle loi se ferait-il donc qu'ils dussent ainsi échanger l'un l'autre réciproquement la manière différente de leur motion ? Certainement il est plus naturel de penser que de leur choc mutuel il n'est résulté en effet , dans la motion de chacun , qu'une simple modification de leur tendance , qui a infléchi le rayon par une répercussion rectiligne , et qui n'a dû agir sur la partie de l'éther que le choc de ce rayon avait poussée , que comme agissent les unes sur les autres toutes les parties internes de ce fluide (art. 126) , dont les motions se gênent et se contrarient réciproquement.

Mais sans vouloir ici affirmer rien , ni prétendre même attaquer nullement , quant au fond , la théorie cartésienne , il est aisé d'ailleurs de sentir toute l'insuffisance et le vague de ces incertaines doctrines. En avançant que la lumière se propage dans un subtil milieu élastique par un mouvement tremblant ou de vibration communiqué à ce milieu , ses

inventeurs n'ont spécifié rien; ils ne nous ont point dit ce qu'ils entendaient par ce mouvement vibratoire, en quoi il pouvait consister, comment il s'imprimait, se conservait, se communiquait dans les corps, de quelle manière sa propagation se devait faire; ils n'ont enfin rien dit de positif, et cette énonciation vague de leur système se pourrait trouver aussi vraie que tout ce que Newton a établi de plus sûr et de plus précis. Mais une idée vague assurément n'est point une réalité, non plus qu'une hypothèse une certitude; et il est vrai de dire, lors même que dans un sens leur idée serait juste, qu'ils n'ont connu encore que d'une manière imparfaite la véritable nature de la lumière, puisqu'ils ont nié ou refusé de voir ce que Newton a démontré de plus certain et de plus incontestable dans ses décisives expériences. (Art. 104, 105 et 106.) Je n'irai point d'ailleurs, approfondissant ce système, examiner en quoi peut différer dans le vrai la propagation du son de celle de la lumière : car ce n'est pas le son, mais la lumière seulement que j'analyse; et peut-être les expériences connues sont-elles insuffisantes encore pour établir, par un jugement assez sûr, un parallèle exact entre les deux. Disons seulement que l'une nous paraît, dans les théories cartésiennes, aussi vague et aussi confuse que nous venons de voir l'autre, parce qu'on parle toujours d'un mouvement vibratoire propagé, sans en trop connaître la

nature, ni expliquer comment un tel mouvement se propage. L'essentielle différence que nous remarquons entre la lumière et le son, est la distance extrême qui existe entre les subtilités respectives de leurs matières, la grossièreté des molécules aériennes où le son se propage paraissant être cause que le mouvement sonore dans l'atmosphère se perd et se dissémine bientôt de tous les côtés.

§ V. DE LA PERTE DU MOUVEMENT DE LA LUMIÈRE ET
DE LA CHALEUR.

177. La lumière, en se brisant sur les petites parties immobiles ou peu agitées des corps terrestres, ne peut manquer de leur transférer de sa motion et de les ébranler par son choc (art. 148); et perdant ainsi la force principale de son jet, ou de l'élançement qui avait imprimé à ses rayons la rapidité première de leur mouvement rectiligne, elle ne conservera plus après le choc sa vertu lumineuse, et se confondra de nouveau à la commune masse du fluide de l'éther. (Art. 150.) Mais comme elle retient encore cependant une partie de l'extraordinaire impulsion qui avait lancé leur matière en des rayons directs et lumineux, ses corpuscules enflammés, par leur agitation très-vive, réunis aux autres corpuscules de l'éther auxquels l'ébranlement des molécules terrestres agitées a dû finalement se répandre (art. 151); nous feront sentir l'impression de leur vive et ar-

dente chaleur. Ainsi *la chaleur est l'effet d'une agitation véhémence du subtil fluide éthéré* (art. 155); et la quantité de la chaleur que conçoit un corps à la lumière est la mesure de la quantité de la lumière que ce corps a absorbée dans sa masse (art. 152), c'est-à-dire qu'il aura privée en la heurtant de son mouvement rectiligne et lumineux. Les corps limpides et transparents, qui ne s'échauffent que très peu à la lumière, sont donc ceux qui en absorbent le moins; et l'air, qui en hiver est très froid, n'en absorbe qu'une quantité insensible (art. 156): car les petites parties aériennes étant déjà mouvantes naturellement, comme toutes les parties des liqueurs (art. 126), sont peu susceptibles par elles-mêmes de retirer aux rayons quelque quantité effective de leur mouvement; au contraire, tous les corps opaques, et en particulier les corps noirs, dont les molécules très subtiles (art. 89) sont par cela même fort aisées à ébranler par le choc, et doivent priver ainsi la lumière avec plus de puissance que toute autre de son impulsion lumineuse, s'échauffent avec rapidité à ses rayons. Mais lorsque ces corps sont dissous dans la limpidité d'un liquide, ou volatilisés dans les airs avec les vapeurs chaudes du feu, comme leurs parties alors se confondent avec les parties mêmes de ce liquide ou dans les gaz diaphanes de l'atmosphère de l'air, ils partagent avec ces substances la vertu de leur pro-

priété transparente, et laissent à la lumière, dans leurs vapeurs, un cours libre et facile; car, réduits alors et divisés en leurs moindres parcelles élémentaires, leurs molécules liquides, très mobiles et rares, cèdent aisément et s'écartent à l'impulsion motrice des rayons, et se mouvant d'ailleurs comme toutes les liqueurs se meuvent, elles ne peuvent rien leur ôter de leur mouvement, ou du moins ne le peuvent que médiocrement affaiblir.

178. Ainsi toute la chaleur qui se produit dans les régions terrestres de l'atmosphère vient originairement du soleil, et elle est toujours en raison de la quantité des rayons de son ardente lumière qui, en perdant par leur choc sur les corps divers qu'ils agitent, la puissance de leur mouvement rectiligne, se sont détournés dans les airs en molécules chaudes. (Art. 156.) Cet anéantissement progressif, ou cette dispersion de la matière lumineuse parmi l'éther, doit être naturellement plus abondante sous l'équateur et dans les contrées brûlantes équinoxiales, où les rayons dardant perpendiculairement sur le sol, y pénètrent dans une rapidité et une quantité bien plus forte, qu'en les autres climats plus près des pôles où leur direction rectiligne est plus oblique; car devant perdre tous, comme je l'ai dit (art. 177), en très peu de temps, par la multitude des chocs qu'ils éprouvent dans les espaces intérieurs des corps opaques, tout leur mouvement direct de lumière, pour ne conser-

ver que l'agitation simple d'un fluide, ces rayons, qui ont pénétré dans la terre si fortement, devront passer ensuite, sous cette invisible forme de fluide, et retourner dans une abondance très grande à la commune masse de l'éther, où ils se confondent et se mêlent parmi les vapeurs grossières atmosphériques. (Art. 151.) Et ce rare fluide éthéré, ainsi accru de leurs émissions embrasées, se rencontrant et plus fort et plus dilaté de beaucoup dans ces régions, et en quantité aussi beaucoup plus grande, qu'en toute autre des contrées moins chaudes du globe terrestre, cette abondance extrême de sa subtile matière très dilatée, parce que son agitation est très forte (P. N., art. 85), et qui tend, par une pression continuelle de toute sa masse, comme toutes les liqueurs tendent, à se conserver partout dans un équilibre parfait avec elle-même, doit faire inévitablement, comme il arrive de la dilatation sensible de l'air grossier, que son entière masse se porte et s'étend constamment, d'une force très grande, des équinoxiales régions raréfiées aux extrémités polaires.

179. De là vient, comme on l'a pu voir au cent quarante-quatrième article, cette tendance si constante et si universelle de l'aiguille aimantée vers les pôles, tendance que des circonstances locales, telles que la direction des continens et le voisinage des mines, ou bien encore le prolongement des

côtes et des montagnes, peuvent il est vrai souvent faire varier, mais dont elles ne changent point l'essentiel principe. Je dis que ces diverses causes peuvent influer beaucoup sur la direction des courans de cette subtile matière; car outre que ses puissances attractives sont très inégales pour les substances diverses, comme le circuit qu'on lui voit prendre sur un long fil de métal plutôt que de suivre l'eau directement, le prouve et le témoigne assez (art. 141), la chaleur, qui est plus considérable communément sur les campagnes de la terre ferme que dans l'étendue des mers, et plus forte et plus ramassée de beaucoup dans les profondeurs des plaines et des vallons que sur les plateaux élevés des montagnes (art. 156), ne doit pas contribuer encore médiocrement à détourner plus ou moins cette rare matière si subtile de son universel courant, et à la faire dévier de diverses sortes dans les parages des différentes contrées de notre globe.

180. De là vient encore (art. 178), par l'impétuosité et l'abondance de ces vastes torrens électriques qui refluent et se viennent briser les uns les autres des divers points de la superficie de la terre vers les pôles, où leur tendance universelle les porte, ces nuées radieuses et étincelantes qui, s'élançant dans ces régions polaires, après le temps où le soleil s'avance vers leur tropique, c'est-à-dire le plus communément en automne, sous les formes

très variées d'éclats de feu et de gerbes multicolores et lumineuses, éclairent fort souvent de leur pompeuse féerie les sombres et tardives nuits de ces tristes climats, et que l'on a nommées, sur ces lointaines plages, à cause de la rougeâtre apparence dont elles illuminent d'ordinaire leur horizon neigeux, une *aurore boréale*; car l'abondant amas de ces torrens impétueux de la matière électrique, en se venant joindre et se choquant l'un l'autre avec une extraordinaire force dans les plus hautes régions de notre atmosphère, ne peuvent manquer de rejaillir ainsi de toutes parts dans ces régions en gerbes étincelantes et lumineuses. Les météores variés d'un semblable genre, qu'on a observés sous différens noms en divers autres climats et loin des pôles, tels que la *lumière zodiacale* et les feux qui ont reçu le nom *fee Margane*, doivent être attribués, comme ceux-ci, originairement à ce même principe de chaleur, je veux dire au choc véhément de plusieurs courans embrasés et électriques qui se sont engendrés primitivement dans une température échauffée, et que diverses causes ont ramassés ensuite en abondance dans les régions élevées de l'atmosphère:

184. Tels sont en abrégé les lois et les phénomènes divers des subtils courans électriques, qui s'engendrent par une véhémence chaleur dans le fluide de la matière rapide éthérée, dont les impal-

pables vapeurs environnent partout notre globe de leur invisible et vivifiante atmosphère. Ces lois sont les lois communes de l'équilibre général de tous les fluides, et les brillans phénomènes qui les distinguent sont particuliers à cette étonnante et impétueuse matière éthérée, le troisième élément créé, à la première aurore de l'univers (P. N. art. 107), par le tout-puissant et bon Maître dont l'infinie sagesse régit toutes choses, et qui nous a placés pour un temps dans la nature par sa grâce ineffable et bien-aimée. *Et dixit, fiat lux! et lux facta est. GEN., ch. 1, v. 5.*

O qu'il est admirable, le chef-d'œuvre de ce monde ! Que son OUVRIER est grand !... Le moindre de ses éclatans miracles exige de longues années et de longs siècles pour le comprendre et l'expliquer ; et encore, après toutes les recherches de notre vanité curieuse, on ne parvient pas à la fin à connaître la vérité tout entière !..... Erreur déplorable pourtant ! Le monde n'est qu'ignorance, mon DIEU ! et le monde veut vous juger, vous qui êtes la souveraine sagesse et la sublime science ! O témérité ! ô orgueil ! J'entends l'impie, infatué de sa science, et elle n'est que ténèbres ; je l'entends qui se rit de la profondeur de vos redoutables jugemens. Votre tonnerre à ses yeux n'est qu'un superbe spectacle, qu'un stérile bruit à son oreille ; et il croit pouvoir

douter dans son cœur que vous existez, que c'est vous qui gouvernez le monde en arbitre, terrible pour le méchant, mais doux et exorable pour le juste, parce qu'il sait ou qu'il croit savoir que c'est l'électricité dans l'air qui fait la foudre. Mais savent-ils cependant, ces présomptueux philosophes, avec leurs chimériques atmosphères d'inintelligibles fluides (art. 166), savent-ils ce qu'est l'électricité en effet? O orgueil d'un siècle qui se prétend éclairé! O audacieuse philosophie qui n'est que mensonge! Oui, c'est l'électricité sans doute qui fait la foudre : mais c'est vous, mon DIEU, qui la dirigez et qui faites qu'elle gronde menaçante sur la tête coupable, qu'elle saisit d'effroi; et ses feux ne tombent point toujours au hasard sur cette terre impie. Que le méchant tremble dans son orgueil : que l'humble adore et se console !

FIN.

OBSERVATIONS SUR L'ORTHOGRAPHE.

Peu de modifications seraient nécessaires pour rendre partout l'orthographe française correcte, régulière, conforme à la prononciation et à elle-même; mais comme ce peu défigurerait encore un grand nombre de mots, nous nous bornons ici aux observations suivantes :

I. *Sur l'y.* Si l'on conserve l'y, lorsqu'on ne prononce que l'i simple, dans les mots qui sont dérivés du grec, ce qui peut avoir son utilité, il n'y a alors aucune raison pour le retrancher dans *crystal* : et si on le retranche dans ce mot, il n'y a aucune raison pour le conserver dans les autres.

II. *Sur l'esse ou s.* Si l'esse entre deux voyelles a le son du z, le z devient inutile en ce cas : il faut le mettre partout ou ne l'employer nulle part. J'aurais préféré le mettre partout, mais cela eût entraîné trop de changemens. *Bizarre, asur, treise, horison, vase* : ou *bizarre, azur, vase, horizon, treize.*

III. *Sur les doubles lettres.* La règle la plus générale qui se puisse établir sur les doubles lettres, c'est de redoubler la consonne avant l'e muet quand la voyelle est brève : ainsi, de même que nous écrivons *pâte, âme, Saône* et *atome*, avec une seule consonne, parce que la voyelle est longue, et *patte, femme, bonne, sonne* et *homme*, avec deux, parce qu'elle est brève; on doit écrire semblablement *flâme* et *enflâmer* avec une simple consonne, comme il est d'usage qu'on les prononce. C'est une règle universelle de l'orthographe que le célèbre abbé d'Olivet a établie lui-même dans sa Pro-

sodie française: « le redoublement de la consonne, dit-il, est » institué pour abrégier la syllabe » ; il eût parlé plus exactement en disant qu'on l'employait pour marquer que cette syllabe est brève. Il est donc certain que l'on doit écrire *flâme* avec un seul *m*, malgré son étymologie de *flamma*, pour la raison contraire qu'on écrit *couronne* et *personne* avec la consonne redoublée, malgré leur étymologie du latin *corona* et *persona*.

Mais les cinq lettres *b*, *c*, *d*, *g* et *v* ne se redoublent pas devant l'e muet, et la dernière ne se redouble jamais.

iv. *Sur le trait d'union et l'apostrophe.* Lorsque le sens que présente à l'esprit chacun des mots, pris à part, d'une expression quelconque composée, s'accorde exactement avec le sens véritable de cette expression même, et qu'il n'en diffère point, nous les écrivons isolés les uns des autres et sans le trait d'union: *tour à tour*, *c'est à dire*, *moi même*, *coup d'œil*, *très bien*, *vingt deux*. Mais quand les sens partiels, si je puis ainsi m'exprimer, n'ont aucun rapport, aucune affinité au sens total, ou si ce rapport n'est qu'éloigné, il faut nécessairement que ces divers mots séparés n'en forment qu'un seul, et je les réunis alors le plus souvent sans trait d'union: *aprésent*, *toutafait*, *pentêtre*, *quatrevingt**. L'auteur écrit aussi sans apostrophe, *alinstant*, *alentour*, *aujourd'hui*, *entrouvrir*.

* Ce n'est pas être conséquent que d'écrire *vingt-deux* avec trait d'union comme *quatre-vingt*; car *quatrevingt* signifie *quatre fois vingt*, et *vingt deux* signifie *vingt et deux*, ce qui est fort différent. Ainsi, par exemple, pour écrire *quatre-vingt deux*, si l'on veut absolument des traits d'union partout, il faudra bien écrire au moins ou *quatre-vingt deux* ou *quatrevingt-deux*. Il n'y a d'ailleurs évidemment pas plus de raison pour écrire *vingt-deux* avec trait d'union que *cent deux*.

Mais il conserve le trait d'union après les verbes qui sont suivis d'un pronom; et il écrit *écoute-t-il? envoie-t-il?* à cause du *t* qu'il est d'usage d'ajouter à cette troisième personne du singulier des verbes; *fais-je? ai-je? dis-je?* parce que ces mots ne se prononcent d'ordinaire que comme un seule syllabe; et de même pour l'uniformité à tous les verbes. Et il le conserve encore semblablement dans certaines expressions qui ne se peuvent aisément ni séparer ni réunir en un seul mot, telles que *celui-ci, ceux-ci, arc-en-ciel*.

Mais n'est-ce pas contre toute logique, par exemple, qu'on écrirait *les hommes d'à présent*, en séparant en deux mots l'idée unique que cette expression nous présente, et rapportant la préposition *de* à l'autre préposition *à*, comme si cette dernière était en effet un génitif? J'aimerais autant que l'on écrivit en quatre mots *les à l'entour*.... Nous dirons la même chose d'*aujourd'hui*, que nous proposons d'écrire sans la lettre *h* (*aujourd*); car le mot *hui* n'existe plus dans notre langue, et quelle nécessité d'en conserver l'orthographe gothique? Cette réunion, au reste, qui n'a rien de choquant, n'est pas sans exemple dans les dialectes anciens; et pour ne citer que la langue latine, n'écrit-on pas *egometipse, paterfamilias* et semblables?

v. *De l'a substitué à la voyelle o*. Nous écrivons *raideur* avec *a* comme on le prononce, et comme on écrit *faible, français* et *courais*, et non *couroit* et *françois*. J'ai entendu à Genève prononcer la première syllabe de *roide* comme nous prononçons *roi*.

vi. *Des noms propres étrangers*. Nous les orthographions, autant qu'il se peut, sans défigurer trop leur orthographe originale, selon la prononciation du pays et le génie de notre langue. Ainsi nous écrivons *Canton, Gengiskan, tartare*,

et non *Kan-Tong*, *Tschingis-Khân*, tatar. Cette orthographe est raisonnable; il ne faut pas que notre langue suive l'orthographe mogole ou la chinoise, et qu'on écrive visigoth en français.

Pourquoi donc ne pourrait-on pas dire *Neuton*, comme l'auteur l'avait orthographié dans son manuscrit, et comme on l'a écrit en latin, au lieu de *Newton* que les Anglais écrivent? Il faut suivre l'orthographe anglaise en anglais, et l'orthographe française en français. Ne disons-nous pas *Londres* au lieu de *London*, qui est le vrai nom? Le *w* anglais est une voyelle, non une consonne: c'est un véritable *u*. Cette syllabe *new*, qui signifie *nouveau*, vient du saxon *neu* ou *niu* (en allemand *neu*), où elle s'écrit par *u*, comme on voit. En général tous les mots anglais où se trouvent le *w* ou le *th* sont dérivés du saxon, et ils existent encore pour la plupart dans la langue allemande, où ils s'écrivent par *u* et par *t* ou *d*; car le *t* et le *d*, en allemand, comme en plusieurs langues anciennes, sont approchant la même consonne. On sait aussi que l'*u*, dans la plupart des idiomes, a eu le son de l'*o* ou de la diphtongue *ou*: ainsi *deus* en latin est venu du grec *theos*, et il est bien probable qu'il se prononçait à peu près de même; et le saxon *niu* a dû se lire et se prononcer *niou* comme le *new* anglais.

TABLE

DE L'OUVRAGE.

Il se partage en deux grandes divisions : la première, qui est la *partie mathématique* de l'Analyse, contient, avec son introduction, cent articles; et la seconde, qui se compose des *parties physique et philosophique*, en contient quatre-vingt-un.

La première division est partagée elle-même en *trois sections*, qui sont précédées d'une *Instruction préliminaire*: cette Instruction comprend dix articles, la première section vingt-huit, la seconde autant, et la troisième trente-quatre.

Dans la seconde division, la *partie physique* a vingt-quatre articles, la *partie philosophique* trente-six, et la *théorie* vingt. Les douze premiers articles de la partie physique comprennent la théorie de cette partie, et les douze derniers les expériences. La seconde partie, où la philosophie de la science est spécialement traitée, se partage également en neuf articles par le premier théorème, en dix-huit par le second, et en neuf par le troisième et dernier. Tout l'Ouvrage comprend dix théorèmes principaux ou propositions.

Voici la Table des principaux titres de cette Analyse. On trouvera à chacun un sommaire, article par article, des matières qui y sont contenues et expliquées.

	Page
INSTRUCTION PRÉLIMINAIRE.....	I

LIVRE PREMIER.

SECTION PREMIÈRE.

Des lois générales qui régissent la lumière.....	33
<i>De l'inflexion</i>	41
De l'inflexion lumineuse entre deux corps.....	50
De la réfraction.....	68

SECTION SECONDE.

Des propriétés du double mouvement lumineux.....	108
Des accès lumineux.....	123
Des réflexibilités.....	143
De la réflexion.....	147

SECTION TROISIÈME.

Des couleurs.....	190
<i>Problème sur la détermination réelle des petits mouve-</i> <i>ments de la lumière</i>	215
Exposé des expériences sur les alternatives de Newton.....	275
<i>Expérience des prismes en contact</i>	276
<i>Expérience des verres objectifs qui se touchent</i>	281
<i>Expérience de la bulle de savon</i>	297
<i>Expérience du miroir ardent</i>	306

LIVRE SECOND.

Des lumières simples.....	353
---------------------------	-----

DE L'OUVRAGE.

587

Page

<i>Expérience du prisme.....</i>	385
<i>Expérience du cheveu.....</i>	406
<i>Expérience des lames de couteau.....</i>	415
<i>Des couleurs accidentelles.....</i>	425

LIVRE TROISIÈME.

Considérations préliminaires.....	433
<i>De la communication du choc.....</i>	440
De l'impulsion lumineuse.....	447
De la propagation lumineuse.....	454
De la chaleur, ou de la cessation du mouvement lumineux.....	505

THÉORIE DE LA LUMIÈRE.

De la sensation de la lumière.....	543
De la matière de la lumière.....	548
Du double mouvement de la lumière et des couleurs...	555
De l'inflexion, de la réfraction et de la réflexion.....	564
De la perte du mouvement de la lumière et de la chaleur.....	573

TABLE DE CONCORDANCE

DE L'OPTIQUE DE NEWTON.

LIVRE PREMIER.

PARTIE I.

Définition 1^{re}, article premier de l'Analyse : II, art. 3 : III et IV, art. 2 : V, art. 2 et 3 : VI, art. 5 : VII et VIII, art. 7. —

Axiome 1^{er}, article troisième : II, art. 2 et 12 : III et IV, art. 3 : V, art. 5 : VI, VII et VIII, art. 4.

Proposition 1^{re}, *exp.* 1 et 2, article cent seizième de l'Analyse : II, *exp.* 3 et 4, art. 113 ; *exp.* 5, art. 115 ; *exp.* 6, 7 et 8, art. 116 ; *exp.* 9 et 10, art. 117 : III, art. 8, 73, 79 et 117 : IV, *exp.* 11, art. 113 : V, *exp.* 12, 13 et 14, art. 115 : VI, *exp.* 15, art. 17 et 116 : VII, *exp.* 16, art. 116, 71, 108 : VIII.

PARTIE II.

Proposition 1^{re}, *exp.* 1, 2, 3 et 4, article cent quatorzième de l'Analyse : II, *exp.* 5 et 6, art. 88, 115 et 161 : III, *exp.* 7, art. 116 et 72 ; *exp.* 8, art. 9 : IV, art. 115 : V, *exp.* 9, art. 115 ; *exp.* 10, art. 113 ; *exp.* 11, art. 116 ; *exp.* 12, 13, 14 et 15, art. 113 : VI, art. 113 et 116 : VII et VIII, art. 113 ; *exp.* 16, art. 117 : IX, art. 100 : X, art. 10 et 88 ; *exp.* 17, art. 115 : XI, art. 9.

LIVRE SECOND.

PARTIE I.

Observations 1, 2 et 3, article quatre-vingt-dixième de l'Analyse; 4, 5 et 6, art. 91; 7, art. 91, 93 (nomb. 2), 43, 52 et 86; 8, art. 62 et 90; 9 et 10, art. 91; 11, art. 133; 12, 13, 14, 15 et 16, art. 91; 17 et 18, art. 93; 19, art. 93, 43, 52, 86; 20, art. 93; 21, art. 91; 22, art. 59; 23 et 24, art. 91.

PARTIE II.

Des épaisseurs différentes où chaque couleur est réfléchie, aux articles soixante-neuvième, quatre-vingt-cinquième, quatre-vingt-neuvième, et figure 12 de l'Analyse; *explication des seconde et troisième observations de la première partie*, art. 90; *explication de l'observation vingt-quatrième*, art. 50; *du rapport mutuel des couleurs et de la réfraction*, art. 10.

PARTIE III.

Proposition 1^{re}; c'est la cinquième de l'Analyse, cinquante-sixième article: II et III, art. 85: IV, art. 87: V, art. 85: VI, art. 86: VII, art. 89: VIII, 1^o, art. 59; 2^o, art. 64; 3^o, art. 8 et 63; 4^o, art. 61; 5^o et 6^o, art. 63; 7^o, art. 65 et 148: IX, art. 66: X, art. 5 et 17: XI, art. 12: XII, art. 49 et 50: XIII et XIV, art. 66: XV, art. 43, 52 et 95: XVI, art. 69: XVII, art. 40: XVIII, art. 40 et 50: XIX, art. 39: XX, art. 47 et 96.

PARTIE IV.

Observations 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12, quatre-vingt-dix-huitième article de l'Analyse; *obs.* 13, art. 100.

LIVRE TROISIÈME.

Observation 1^{re}, aux articles quatorzième, quinzième et cent dix-huitième de l'Analyse: 2, 3 et 4, art. 120; 5, 6, 7, 8, 9 et 10, art. 121; 11, art. 120.

Question 1^{re}, art. 61: II et III, art. 119 et 120: IV, art. 15, 66, 132 et 140: V et VI, art. 152: VII, art. 143: VIII, art. 129: IX, art. 157: X, art. 158 et 160: XI, art. 151 et 164: XII, XIII et XIV, art. 162: XV, art. 163: XVI, art. 162: XVII, art. 50: XVIII, art. 155: XIX, art. 137: XX, art. 110: XXI, art. 12, 67 et 125: XXII, art. 125: XXIII, art. 161: XXIV, art. 60 et 87: XXV et XXVI, art. 6: XXVII, art. 101: XXVIII, art. 125: XXIX, art. 157, 108, 107, 64, 62, 50: XXX, art. 166: XXXI, sur le mouvement, art. 128.

Errata.

Page 15, ligne 25: si non etiam. — Pag. 28, lign. 5: par de contraires réfractions. — Pag. 64, lign. 15: Scholie général. — Pag. 238, lign. 12: C'est en ce sens unique. — Pag. 305, lign. 21: assignée. — Pag. 313, lign. 27: figure douzième. — Page 328, lign. 18: si l'on en retranche. — Pag. 368, lign. 27: explication assez précise. — Pag. 373, lign. 26: le reconnaître. — Pag. 463, lign. 26: corporum densorum poros? — Pag. 544, lign. 8: propagé.

A la page 258, ligne 9^e et suiv. (art. 86), au lieu de cette phrase: Et la conséquence naturelle que nous avons dû inférer de ces notions, etc... il serait plus exact de lire: Et la conséquence naturelle qu'il semble raisonnable d'inférer de ces notions, est que les petits milieux auxquels est attachée la sensation de quelque couleur, c'est-à-dire les parties colorées de tous les corps, ont leurs surfaces opposées inégales et non parallèles entre elles, puisqu'ils font subir en effet à la lumière d'inégales réfractions. (art. 84.)

TABLE

ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

Accès ou Alternatives. La lumière, détournée par les plus subtils corps qu'elle rencontre, a dû se mouvoir en zigzag, art. 167 : ce sont les retours de chacune des dispositions de ce mouvement rompu, qui ont été nommés les accès ou les alternatives de la lumière, et ces dispositions elles-mêmes l'impulsion de son mouvement direct et l'impulsion de son mouvement inverse, art. 39, 40. De ce double mouvement, il est résulté qu'en de certains cas la lumière s'est alternativement réfléchi et alternativement transmise en des quantités très inégales, art. 46, 49, 50, 83 ; et des alternatives de ces pulsions, dont les retours se sont faits à des inégales distances pour chacun des sept rayons homogènes, s'est déduite par une conséquence naturelle toute la théorie des couleurs, art. 69, 82, 169. Cette inégalité de la réflexion et de la transmission de la lumière dans ses deux accès suit la raison de l'obliquité de l'incidence, art. 50, 66 ; et elle est la même d'un milieu dense à un milieu plus rare, que d'un milieu rare à un plus dense, art. 47. Des grandeurs respectives de ces accès dans les différentes lumières, art. 69. Observations qui ont servi de bases pour fixer toute la géométrie des accès, art. 91 (nomb. 1 et 4) ; et art. 93 (nomb. 2). Que les répercussions intérieures et uniformes d'où ces alternatives dérivent, se succèdent

sur des petites parties distinctes et isolées du fluide de l'éther, dont la grandeur et le mouvement s'accordent exactement avec les motions des rayons, art. 135, 136. Distinction des déviations successives que ces répercussions causent intérieurement, d'avec l'inflexion générale d'où la réfraction résulte, art. 29, 147, 175. Voy. *Lumière*, *Mouvement*, *Intervalles des accès*, *Transmission*.

Acides et Alcalis. De la mutation des couleurs que ces liqueurs caustiques peuvent produire, art. 85, 170.

Æpinus. Des couleurs accidentelles causées par l'éblouissement du soleil, art. 123.

Aiguille aimantée. De sa direction du nord au sud, art. 144, 179. Voy. *Boussole* et *Magnétisme*.

Air, l'un des trois élémens présumés. La couleur du ciel ne peut dépendre des parties indivisibles de cet élément; mais des vapeurs hétérogènes qui sont emportées dans son atmosphère, art. 86. Voy. *Atmosphère*.

Air vital, ou gaz oxygène des chimistes; est absorbé dans les substances brûlées, art. 158.

Angle de l'incidence, art. 2; de la réflexion, *ibid.*; de la réfraction, art. 3. Les angles que forment entre eux alternativement les petits mouvemens rompus de la lumière varient nécessairement à chaque réfraction, art. 30, 42, 52, 147; et en une différente mesure dans chaque différente lumière homogène, art. 67, 78, 81. L'expérience du miroir fournit la preuve de cette variation des angles, art. 97, obs. 12. Voy. *Lumière*.

Arc-en-ciel, effet des réfractions de la lumière dans les gouttes de la pluie, art. 100. Apparence d'un arc-en-ciel vu sur le côté de l'horizon d'où les rayons solaires étaient émis, *ibid.*

Ardeur rayonnante de Scheèle, lumière très chaude ou cha-

leur qui se meut du mouvement direct de la lumière, art. 154, 156. Voy. *Chaleur*.

Atmosphère de l'air. D'où dérive sa couleur azurée, art. 86, 89. Pourquoi ses vapeurs s'échauffent peu par le passage des rayons, art. 177. Origine de toute sa chaleur, art. 156. Cause de la fraîcheur de la nuit, art. 151. D'où vient que tous les corps qui s'y dissolvent participent de sa vertu transparente, art. 177. Une compression violente en fait jaillir les particules du feu en lumière, art. 129. De sa réfraction relative, art. 5. Comment elle peut s'accroître par l'abondance des vapeurs, et faire paraître ainsi les globes des astres sous une figure apparente plus amplifiée, art. 36. De l'aspect rougeâtre du soleil à travers ses brouillards, art. 111.

Atmosphère électrique ou éthérée. Environne toute la surface de notre globe de ses courans invisibles, art. 178 à 181. — De l'atmosphère des aimans, art. 144, 166, 179.

Attraction, impulsion qui paraît dépendre d'une certaine similarité de conformation dans les corps entre lesquels elles s'exerce, art. 5 et préf. L'une des trois causes secondes de la nature qui régissent particulièrement la lumière, art. 11 et 13. Sa puissance ne s'exerce qu'entre parties semblables, art. 142, 143. Que l'attraction de cohésion dans les corps est une suite de la pression de l'éther, préf.; et l'attraction des aimans une impulsion mécanique, par l'intermède d'un invisible fluide éthéré, art. 15, 166. L'attraction mutuelle des rayons n'est aussi que le résultat immédiat de leurs impulsions réciproques, art. 15, 70; et celle que les corps exercent sur la lumière ne dépend que des impulsions différentes que l'éther qui est renfermé dans ces corps fait subir à ses rayons, art. 64, 137, 112.

Aurore boréale. Origine probable de ce météore lumineux, art. 180.

Biot (M.). Observations sur la puissance réfractive de l'air inflammable ou gaz hydrogène des chimistes, art. 5.

Boussole. Origine de sa direction constante du nord au sud, art. 179. Causes des variations diverses de l'aiguille aimantée, art. 144.

Bradley. Découvrit le premier l'aberration des étoiles fixes, art. 12.

Briquet pneumatique; son explication, art. 129.

Buffon. Objection contre la réflexibilité différente des sept lumières, art 8 (79). Comment il éprouva que les rayons jaunes sont les plus vifs et les plus ardents de tous, art. 108; et que la lumière doit cesser entièrement d'être sensible à une certaine épaisseur des corps diaphanes, art. 148. Observations sur les couleurs accidentelles des corps, art. 122, 123; sur les couleurs des ombres, art. 124. Pourquoi les corps dont le volume est le plus petit s'échauffent, comme il l'observa, et se refroidissent le plus vite, art. 151. Il croyait que les objets se dépeignaient au cerveau par une double image, art. 163.

Calorique. Nom que Lavoisier a donné au principe de la chaleur, art. 157. Voy. *Chaleur*.

Causes secondes de la nature, lois que DIXU a établies pour régir le monde. De leur action sur la lumière, art. 11.

Chaleur, effet de l'agitation véhémement du fluide éthéré, art. 155. Elle n'est pas le résultat de toute agitation interne assez forte des particules quelconques de tous les corps, art. 152. Comment la lumière, en perdant par son choc sur les corps son mouvement direct très rapide, se convertit en une simple chaleur et se confond dans le fluide d'éther qu'elle agite, art. 150, 151, 152, 177. Distinction de la chaleur et de la lumière, art. 153. De l'inflamma-

tion occasionée par une ardeur rayonnante, art. [154](#). Divers effets que la lumière produit et que la simple chaleur ne peut faire, art. [159](#). Que les parties embrasées qui contiennent le feu en chaleur ne sont pas toujours pures et bien homogènes, art. [154](#). De la subtilité du vrai principe qui constitue essentiellement la chaleur, art. [155](#). De l'origine de la chaleur dans l'atmosphère, art. [156](#). De la fraîcheur de la nuit, art. [151](#). Du froid de l'hiver et des glaces du pôle, art. [37](#) et [156](#). Chaleur respective des planètes, art. [156](#). De la chaleur que les corps transparents conçoivent à la lumière, art. [109](#), [177](#). De la chaleur que les corps opaques en reçoivent selon leurs couleurs différentes, *ibid.* De l'intensité différente de la chaleur que conçoivent aux rayons du soleil deux thermomètres égaux qui sont remplis de deux liqueurs d'une différente teinte, art. [102](#). Pourquoi les corps du volume le plus petit s'échauffent et se refroidissent le plus vite, art. [151](#); et pourquoi les marbres et tous les corps denses sont en général très froids, art. [152](#). D'où vient que toute agitation du corps nous échauffe, *ibid.*

Chéselden. Son Anatomie citée par Buffon, art. [163](#).

Chimie. De l'influence qu'elle a usurpée dans la Physique, et de l'incertitude de ses conclusions, art. [11](#), [87](#), [157](#) et préf.

Combustibilité. Que le feu solidifié est le principe de la combustibilité de tous les corps, art. [130](#), [143](#). Erreur de Lavoisier sur ce principe, art. [171](#). Des corps qui deviennent lumineux par l'ignition, art. [130](#), [158](#). Comment le bois assez sec, frotté violemment, est susceptible de s'enflammer, art. [152](#). De l'embrasement produit par la lumière et une ardeur rayonnante, art. [154](#), [155](#).

Composition et Décomposition de la lumière, art. [9](#), [101](#). Ce qu'il faut entendre proprement par ces expressions, art. [112](#). La décomposition de la lumière ou la séparation de

ses rayons simples se peut accomplir de deux manières, par l'inégalité de leur réfraction et par celle des intervalles de leurs accès, *ibid.* Que la coloration, des petites parties des corps opaques ne se fait pas sans une réfraction qui décompose la lumière, art. 84; et quelle en est la raison, art. 97. — Décomposition des corps mixtes par l'ignition, la lumière ou la chaleur, art. 130, 156, 170. Voy. *Inflexion* et *Réfraction*.

Corps blancs. Réfléchissent presque toute la lumière qu'ils reçoivent, art. 12, 89. Ne s'échauffent que peu à la lumière, art. 109. Voy. *Couleurs*.

Corps transparens et *Corps opaques.* Diffèrent en ce que les premiers sont un seul milieu, et les seconds des agrégés de plusieurs milieux, art. 87. Voy. *Transparence* et *Opacité*.

Cosinus, sinus du complément d'un angle à 90 degrés, art. 5.

Couleurs. Effets des impulsions diverses de chaque différente lumière homogène, art. 7, 107, 115; et de leurs impressions différentes au fond de l'œil, art. 161, 162. Elles procèdent dans les corps naturels de ce que la surface de ces corps réfléchit à la vue certains rayons en plus grande abondance que tous les autres, art. 10, 88; dont le principe est dans le double mouvement de la lumière, art. 168, 169. Et elles dépendent de la grandeur des petites parties constituantes dont la substance de ces corps se compose, art. 10, 82, 85; d'où vient que, par la couleur qu'elles renvoient, on peut juger très approximativement de la grandeur de ces particules colorées, art. 89. Cette propriété colorante est particulière à de très petites parties des corps, art. 83. De la nature de ces petites parties colorées, art. 86. Que cette coloration des particules des corps ne se fait pas sans une véritable réfraction qui décompose la lumière, art. 84; et quelle en est la raison, art. 97.

Newton distingue sept couleurs primitives ou homogènes, art. 7, 107. Des degrés de clarté de chacune d'elles, art. 71, 109. De la couleur des divers corps naturels placés dans quelqu'une de ces lumières, art. 88, 103, 115. De la chaleur que chaque couleur particulière est susceptible de concevoir à la lumière, art. 109. Que le feu est le principe essentiel de la coloration de toutes les substances, art. 159. Pourquoi il est effectivement ce principe, art. 170. Erreur de l'opinion qui attribue les couleurs aux quantités différentes du mouvement, ou aux modifications des mêmes rayons, art. 102, 103. Erreur d'Euler sur les causes véritables de ce phénomène, art. 104. — Des couleurs irisées de certaines plumes et étoffes soyeuses, art. 85. Du marbre lumachelle, art. 93 (nomb. 2). Des couleurs changeantes des étoffes, des fleurs et de plusieurs substances, art. 170. Des couleurs différentes des fleurs dans les différentes saisons, art. 159. Des mutations ou des altérations des couleurs par le broiement ou l'humidité, art. 85; par la chaleur et la lumière, art. 156; par le feu, les acides et les alcalis, art. 85, 170. — Des couleurs des oxides, art. 170. — Des couleurs accidentelles des corps, art. 122, 123. — Des couleurs des ombres, art. 111, 124. — Des corps noirs, art. 87, 89, 152.

Coulomb (M.). Observations sur la présence du principe magnétique dans la généralité des corps, art. 141.

Courans invisibles de l'éther, art. 178 à 181. Voy. *Atmosphère, Électricité, Éther, Magnétisme*.

Couronnes célestes ou *Halos*, cercles de couleurs, produits par une réfraction de la lumière, qui paraissent quelquefois autour des astres. On en remarque aussi autour des flambeaux, art. 100.

Crystal parfaitement pur, est la terre même élémentaire ou l'eau compacte et solidifiée, art. 171. De la configuration

intime de ses petites parties, art. 148, 149. Leurs surfaces sont parfaitement planes et unies, art. 65 (nomb. 2). Des trois formes primitives des cristaux, selon M. Haüy, art. 6. De la disposition naturelle de leurs petites parties, art. 61. De leur homogénéité ou de leur égalité parfaite, art. 23. Que ces corps ne peuvent propager la lumière par eux-mêmes, art. 132; mais qu'ils la doivent priver par leur choc de toute la puissance de son mouvement rectiligne, art. 148. Des réfractions respectives des divers cristaux, art. 5. De la puissance de leur réflexion et du phénomène de leur réfraction double, art. 6, 59. Pourquoi les cristaux et les marbres sont en général très froids, art. 152; et que leurs couleurs ne proviennent que des parties hétérogènes qu'ils peuvent contenir, art. 170.

Crystallin, l'une des humeurs de l'œil, dont l'utilité est d'accroître ou de diminuer la réfraction, selon que les objets sont plus proches ou plus éloignés. Quand cette humeur est trop fortement aplatie, la vue est longue; quand elle est trop voûtée, la vue est courte, art. 4.

Crystallisation. Ne se fait pas sans une fonte ou liquéfaction des molécules des corps qui se cristallisent, art. 23, schol. De la nature des corps cristallisés, art. 61. Voy. *Crystal*.

Décomposition de la lumière, art. 9, 101 et 112. Voy. *Composition*.

Descartes, fondateur de la philosophie naturelle, est le seul qui ait bien connu et apprécié les premiers principes de la nature, art. 128 et préf. C'est lui qui a reconnu le premier le mouvement interne des liqueurs, art. 126. Idées de ce philosophe sur la réfraction, art. 5, 37; sur la vitesse et la nature de la lumière, art. 12; sur le phénomène des couleurs par le prisme, art. 105; sur les puissances respectives

des diverses lumières colorées, art. 108; sur l'origine de la diversité des couleurs que leur impulsion propage au siège des sens, art. 123, 162; sur les halos, art. 100. De la sensation des couleurs et de la lumière d'après ses théories, art. 161. Son opinion sur les élémens du feu et de la lumière, art. 157; sur la chaleur, art. 152. Erreur de son système d'après Newton, art. 125. Quelques réflexions sur ce système, art. 176.

Diamant. De sa réfraction relative, art. 5. Origine de la très grande force de cette réfraction, art. 142. Des distances réciproques de ses petites parties réfringentes, art. 20. Il ne joue pas, à cause de sa remarquable pureté, du phénomène de la réfraction double, art. 6. De sa phosphorescence, art. 129.

Eau. C'est la terre élémentaire tenue liquide par le feu, art. 129. Devient phosphorescente par une impulsion ou une agitation fort vive, *ibid.* Comment l'on a reconnu que son attraction est moins forte pour l'élément du feu ou le principe électrique, que n'est celle des divers métaux, art. 141. De sa réfraction relative, art. 5.

Elasticité. C'est en général la facilité qu'ont les corps de recevoir et de conserver le mouvement, art. 125.

Électricité, propriété d'un fluide qui est la même matière que la lumière ou l'élément du feu, art. 131. Comment cette matière, par son choc, peut rejaillir en lumière, art. 129. Ses attractions remarquables, art. 141. De sa plus grande abondance et de sa dilatation aux régions équinoxiales, art. 178; d'où elle s'étend constamment par son équilibre naturel vers les pôles, art. 179: et c'est du choc contraire de ses torrens aux extrémités polaires, que paraissent tirer leur origine l'aurore boréale et les autres phénomènes du même genre, art. 180. Erreur des physiciens sur la nature

composée de cette matière, art. 166. Voyez *Lumière*.
Éléments, petites parties impénétrables et indivisibles de la matière, art. 65, 86, 128. De leur configuration intime, art. 149. Que chaque élément agit d'une manière spéciale sur son semblable, art. 142, 143.

Espace. Est aussi rempli par les corps les plus rares que par les plus denses, art. 60; et d'où vient cela, art. 146.

Éther, fluide extrêmement rare qui remplit tout l'espace, et poussant tous les corps par son impulsion véhémence, est la cause naturelle de leur pesanteur ou de leur tendance uniforme vers le centre où ses courans sont refoulés, art. 87, 126. C'est la matière lumineuse ou l'élément du feu dans son état de fluidité, art. 135, 164. Elle se compose de sept parties inégales qui forment dans sa masse fluide sept sortes de petits tourbillons inégaux, art. 136. C'est ce fluide qui, existant dans les intervalles de tous les corps, transmet, infléchit et réfléchit la lumière, art. 133, 134, 167; et il est le vrai et l'unique principe de toute la propagation lumineuse, parce qu'il ne peut faire perdre aux rayons, par son choc, aucune partie sensible de leur mouvement, art. 165; si ce n'est, ce semble, dans les régions terrestres, art. 151. Cédant par sa mobilité à l'impulsion des rayons, il les renvoie ou les répercute constamment selon le sens où il les a reçus, art. 45, 132; et chaque espèce différente de ses parties propage une différente espèce de rayons, art. 135, 136.

Qu'il est plus condensé ou plus abondant, contre le sentiment de Newton, dans les corps les plus denses et les plus compactes, art. 137, à cause que son agitation y est moindre, art. 146, 150; et plus condensé encore, à densité égale, dans les substances combustibles, art. 142; dont la raison est dans son attraction particulière pour ces sub-

stances, en lesquelles sa matière est en effet l'un des principes essentiels, art. 141, 143. Et de là vient la force plus considérable qu'elles manifestent dans leurs réfractions, art. 142. Que son agitation vëbëmente est le principe de la chaleur, art. 155. Cette agitation lui vient dans l'atmosphère de l'impulsion que les rayons lumineux transmettent aux parties terrestres qu'ils rencontrent, laquelle retourne finalement à cette matière éthérée, art. 151, 156. Toutes les impulsions ou les motions qui se perdent et semblent s'anéantir sur la terre, lui retournent également, art. 128. Mais son agitation se répandant ensuite graduellement, selon les lois de l'équilibre des fluides, dans son universelle masse, elle se ralentit nécessairement par ce partage, et il en résulte la perte graduelle de la chaleur dans l'atmosphère et la fraîcheur de la nuit, art. 151. Du même principe de cet équilibre il résulte encore que cette matière, plus agitée et plus dilatée dans les climats les plus chauds, se porte constamment par des courans immenses de l'équateur vers les pôles, art. 178. Ce sont ces courans qui, par leur impulsion, dirigent l'aiguille aimantée vers le nord, art. 179; et ils produisent par leur choc rapide auprès des pôles le météore lumineux de l'aurore boréale, art. 180. Voy. *Chaleur, Électricité, Feu, Lumière, Magnétisme.*

Euler. Adopta les théories de Descartes sur les élémens du feu et de la lumière, art. 157; sur l'origine de la chaleur dans les corps, art. 152; sur la propagation de la lumière, art. 12, 176. Idée qu'il se formait de la réfraction, art. 38; des lumières colorées et de la décomposition du prisme, art. 106; de leurs puissances respectives, art. 108; de l'origine des couleurs dans les corps opaques, art. 104. Erreur de l'objection qu'il présentait sur le croisement des rayons, art. 121. Réfutation de ses théories sur la lumière, art. 125, 176.

Expériences sur la bulle de savon, art. 10, 63, 93, 114. Importance de cette expérience, art. 94, 103, 104. Sur le cheveu, art. 14, 15, 120. De la nature de la lumière où cette expérience est possible, art. 118. Sur les couleurs accidentelles, art. 122, 123. Sur les couleurs des ombres, art. 111, 124. Sur les émanations d'un fourneau embrasé, art. 154. Sur les lames de couteau, art. 16, 121. Sur les lames de verre et de mica, art. 50, 59, 66, 86, 91 (nomb. 1 et 2). Des deux lames de mica qui, appliquées l'une sur l'autre, changent de couleur, art. 85. Sur le miroir ardent, art. 98, 115. Explication des phénomènes divers qu'on y remarque, art. 95, 96, 97, 99. Une utilité de cette expérience, art. 139. Sur les miroirs ordinaires à surfaces planes, art. 6, 55, 59, 66, 79, 99; leur réfraction et réflexion double, art. 6, 59. Sur l'œil arraché que l'on place à l'ouverture d'un cabinet sombre, art. 4. Sur le prisme, art. 7, 8, 9, 28, 101, 111, 113, 114, 115, 116, 117. Réfutation des explications d'Euler et de Descartes, art. 105, 106. Importance de cette expérience, art. 107. Sur les deux prismes un peu convexes qui se touchaient, art. 90. Sur les scories des métaux en fusion, art. 93 (nomb. 2). Sur le thermomètre dans le vide, art. 155. Sur les deux thermomètres remplis d'une différente liqueur, art. 102. Sur les verres objectifs de télescope, art. 10, 62, 91, 115, 133. De la valeur de cette expérience, art. 92, 104. Que les mêmes phénomènes se manifestent sur le verre à vitre commun, art. 84, 92.

Fée Margane, météore lumineux qui paraît avoir son principe dans les courans électriques, art. 180.

Feu, la même matière que l'éther et que la lumière, art. 166; le phlogistique de Stahl, art. 171; et l'un des trois élémens créés dans l'origine, art. 181. On donne aussi ce nom vul-

gairement au phénomène de l'ignition. Opinion de Descartes, de Newton et d'Euler sur le feu, art. 157. Voy. *Éther, Ignition, Lumière*.

Flamme, fumée ardente et lumineuse, art. 158. Suit l'impulsion de la gravité, *ibid.* Quels sont les corps qui se consomment au feu avec le plus de flamme, *ibid.* Des différentes couleurs de la flamme, art. 108.

Fleurs dont les couleurs sont variables, art. 170. De la couleur qui domine dans les fleurs de chaque saison, art. 159.

Fluide, assemblage de petits corps isolés qui se repoussent mutuellement par l'inter interruption de leur mouvement, art. 126. Les fluides sont d'autant plus condensés que leurs petites parties se repoussent avec moins de force ou d'impulsion, art. 137, 144; et réciproquement leurs petites parties, prises isolément, ont moins de force lorsqu'ils sont naturellement plus condensés, art. 146. Qu'ils agissent selon les surfaces des corps, art. 142. Des lois de l'équilibre de leur matière, art. 178, 179. Qu'un fluide subtil est répandu universellement dans tout l'espace et dans les intervalles des corps, art. 87, 126. Voy. *Éther*.

Franklin. Ses expériences sur la chaleur des corps exposés à la lumière, art. 109; sur l'attraction électrique du métal, comparée à celle de l'eau, art. 141. Qu'il a ignoré la vraie nature de l'électricité et ses rapports avec les substances terrestres, art. 171.

Fumée, vapeur humide, odorante, chargée de feu, art. 158, 160. Une fumée qui devient ardente et lumineuse fait la flamme, art. 158.

Gravesande. Qu'il a bien connu la vraie nature caractéristique des deux principes de la lumière et de la chaleur, et en quoi ils diffèrent l'un de l'autre, art. 153.

Gravitation ou Pesanteur, l'une des trois causes secondes de la nature, art. 11. Est le résultat de l'impulsion du fluide subtil de l'éther qui remplit tout l'espace, art. 126. Elle agit sur les corps, comme toutes les forces mécaniques, suivant la quantité de leurs surfaces, art. 142. Que son action s'exerce sur la flamme, art. 158; mais ne se fait pas sentir sur la lumière, art. 11.

Grimaldi. Expérience sur le cheveu, art. 14.

Halos ou Couronnes, cercles irisés qui entourent les astres, art. 100.

Hauy (M.). Des trois formes primitives qu'il attribuait aux minéraux, art. 6.

Houk ou Hook. Sa Micrographie citée par Newton, art. 85.

Huygens. Sur le phénomène de la réfraction double, art. 6; sur l'origine des halos, art. 100.

Hydrophane, sorte de pierre ou de crystal qui devient transparente dans l'eau, art. 85.

Ignition, Inflammation. Voy. *Combustibilité et Flamme*.

Impulsion. Ses lois générales, art. 127, 128. De l'impulsion lumineuse, art. 129. De l'impulsion attractive, art. 15.

Voy. *Attraction et Mouvement*.

Inflexion, déviation de la lumière de sa course directe qui ne se fait pas régulièrement, comme la réflexion, par une répercussion simple et apparente de ses rayons, mais qui est la somme ou le commun résultat de plusieurs semblables répercussions isolées et partielles, dont les rayons se communiquent mutuellement les effets par des impulsions réciproques, art. 15. De l'inflexion de la lumière auprès d'un corps qui la heurte, art. 14. De son inflexion entre deux corps, art. 16, 121. Elle se fait selon le sens de la perpen-

diculaire au plan de ces corps, art. 17. Des forces absolues qui la déterminent, art. 18. Que la réfraction est une semblable inflexion de la lumière dans les intervalles poreux des corps réfringens qu'elle traverse, art. 21, 174. Que les rayons homogènes, inégaux entre eux de grandeur, ayant par suite des puissances respectives très inégales, doivent recevoir en s'infléchissant des impulsions inégales respectivement, art. 67, 70; d'où il suit que, poussés alors en des directions différentes, ils se doivent séparer les uns des autres, et produire ce qu'on a nommé improprement la décomposition de la lumière, art. 110. Pourquoi l'inflexion des rayons les plus forts est moyenne entre celle des divers autres, art. 68, 70. — Que les impulsions que les rayons subissent intérieurement, et d'où les accès de leur double mouvement dérivent, sont tout-à-fait d'un autre genre que les déviations que l'inflexion cause, art. 29, 147, 176. — De l'inflexion de la lumière sur le cheveu, art. 120; sur les lames de couteau, art. 121. Voy. *Accès, Lumière, Réfraction, Répercussion*.

Intervalles poreux des corps, art. 20, 55. Sont remplis universellement des parties mouvantes de l'éther, art. 87, 133. Ces parties y sont plus abondantes d'autant que la substance du corps est plus compacte, art. 137; et à densité égale, d'autant qu'elle est naturellement plus combustible, art. 142; c'est-à-dire que leurs distances réciproques sont d'autant moindres, en général, que la réfraction du milieu est plus forte, art. 16. Voy. *Molécules, Ouvertures réfringentes et Pores*.

Intervalles des accès de la lumière. Sont plus petits progressivement, selon que la puissance réfractive du milieu où les rayons se meuvent est plus forte, art. 40; c'est-à-dire, selon que les parties de l'éther y sont plus abondantes ou

plus rapprochées mutuellement les unes des autres, art. 137, 142. Ils varient encore dans les mêmes milieux, selon la puissance différente de la réfraction ou l'obliquité plus forte de l'incidence, art. 30, 43, 52; ce qui se démontre immédiatement par l'expérience, art. 91, 93, 98 (obs. 12^e). Et ils sont inégaux d'ailleurs dans les différentes lumières homogènes, art. 67, 70. Proportion de cette inégalité, art. 69. Que cette même proportion semble persister constamment dans toutes les circonstances de la réfraction, art. 80. Comment Newton a déduit de son expérience des verres objectifs toutes les mesures qu'il a données de ces intervalles, art. 91, 93 (nomb. 2).

Jour, mélange convenable et uniforme des sept lumières colorées qui nous sont émises du soleil, art. 7, 101, 113. De la nature de chaque petit rayon de la lumière blanche du jour, art. 118. Voy. *Lumière* et *Soleil*.

Jurin. Observa le premier les apparences des couleurs accidentelles, art. 122.

Lampe. Que sa lueur jaunâtre prend une teinte rouge par l'éloignement dans les vapeurs de la nuit, art. 111 (et 117).

Lavoisier. Son opinion sur la chaleur, art. 157. Qu'il se trompa sur le véritable principe de la combustion, art. 171.

Leibnitz. Règle qu'il donna de la réfraction des corps denses, art. 37.

Liqueur. Des mutations colorées de diverses liqueurs par leur mélange, art. 85. Des différens degrés de chaleur que conçoivent à la lumière du jour des liqueurs dont la couleur est différente, art. 102. De la transparence que peuvent acquérir certains corps imbibés d'une liqueur, art. 85; et tous les corps quelconques, lorsqu'ils sont dissous dans cette

même substance des liqueurs, art. 87. — Des liqueurs en général, art. 126. Voy. *Fluides*.

Lumière. Sa nature. Sensation de la lumière, effet d'un mouvement produit sur le nerf optique, art. 1. De la diversité de ce mouvement résulte la diversité des couleurs, art. 161. Il consiste en un tremblement du nerf optique, art. 162; et la matière qui le cause est un subtil feu élançé par une impulsion directe, art. 125, 129. Fausses opinions de divers philosophes sur sa nature, art. 157. Que Scheële se trompe en la représentant comme un corps mixte, art. 158. — C'est le même élément que l'éther, le calorique, le feu, les fluides de l'électricité et du magnétisme, et le principe de la combustibilité des corps, art. 166. Il se compose de sept parties parfaitement solides (art. 125), et de grandeurs inégales, lesquelles, constituées en lumière, affectent la vue des sept couleurs primitives du jaune, de l'orangé, du vert, du rouge, du bleu, de l'indigo et du violet, art. 107, 166. Les plus fortes sont celles dont la couleur est la jaune, art. 108; et les plus faibles celles dont la couleur est la plus sombre, art. 109. Elles ont la figure de petits corps allongés dont toutes les faces seraient planes et pour la plupart parallèles, art. 140, 149; et chaque espèce différente se propage par une différente sorte des particules réfringentes, art. 135. On les a nommées lumières simples, primitives ou homogènes, art. 7; et nous éprouvons la sensation des couleurs lorsque quelques-unes d'entre elles parviennent à la vue en plus grande abondance que toutes les autres, art. 10, 88. Lorsqu'elles y parviennent toutes en une proportion convenable, elles y produisent la sensation du blanc, art. 9, 111, 113. Nature d'une lumière blanche très atténuée, art. 118. — De la proportion comparative des solidités et des puissances de ces sept lumières, art. 71, 109.

— De cette inégalité de leurs puissances ou de leurs impulsions vient originairement l'inégalité des inflexions ou des déviations qu'elles subissent de leur course par leurs chocs sur les petites parties des milieux, art. 70, 136, 168. Disposition qu'elles observent dans ces inflexions ou dans l'arrangement de leurs couleurs sur le spectre solaire, art. 68, 70.

Ses lois générales. Elle ne suit pas l'impulsion universelle de la gravité, et n'obéit qu'à deux seulement des causes secondes de la nature, art. 11 : ce sont la motion, art. 12 ; et l'attraction, art. 13. Mais l'attraction n'est elle-même, en cette matière, que le résultat des impulsions très simples et toutes mécaniques de ses rayons, art. 15, 70. — Comment, repoussée par chacun des corps qu'elle heurte, elle s'est propagée en zig-zag dans les espaces des milieux, art. 39, 167. — De sa vitesse observée par les astronomes, art. 12. Qu'elle aura dû se ralentir par sa réfraction dans un milieu dense, et accélérer sa course dans le cas contraire, art. 44, 51 ; et que de même les rayons dont la réfraction a été la plus forte, c'est à savoir les rayons bleus, ont dû se ralentir ou s'accélérer plus que tous les autres en les mêmes cas, art. 74 ; mais leur vitesse demeure égale lorsque la réfraction pour tous est la même, ou qu'ils se meuvent tous sur des plans égaux et parallèles, art. 79, 106. — Des accès de réflexion et de transmission de la lumière, art. 49 ; qu'ils ont leur origine dans son double mouvement ou sa propagation en zig-zag, art. 46, 50, 168. Des intervalles de ces accès dans les sept lumières simples, art. 69. Leur inégalité dans ces différentes lumières ne provient que de l'inégalité des puissances ou des grandeurs respectives de ces lumières, art. 67, 68, 70 ; et le principe en paraît être indépendant de toutes les circonstances quelconques de la

réfraction, article 80. Supputation des grandeurs véritables de ces intervalles dans les différentes lumières, art. 89, 91, et figure donzième. Évaluation approximative de la longueur de leurs petits chemins intérieurs, art. 77, 78.

Ses propriétés et ses phénomènes. De sa réflexion et de sa réfraction, art. 2 et 3. Qu'il ne faut point confondre les deux expressions de transmission et de réfraction, de réflexion et de répercussion, et en quoi elles diffèrent, art. 3. De la diversité des propriétés réfléchible et réfrangible des sept rayons simples, art. 8, 72, 73, 79. De la séparation de leurs couleurs qu'il en résulte par toute inégalité d'impulsion qu'ils peuvent éprouver dans leur course, art. 9, 110. Comment cette décomposition des rayons se manifeste dans l'inflexion qu'ils subissent à leur passage auprès des extrémités des corps, art. 14, 120; et que cette inflexion est le résultat des impulsions mutuelles de leurs parties, art. 15, 121. — De l'inflexion lumineuse à incidence oblique des rayons entre deux corps solides très rapprochés, art. 16. Elle se fait selon le sens de la perpendiculaire au plan de ces corps, art. 17. La réfraction est une inflexion du même genre entre les parties réfringentes des milieux, art. 21, 174. Erreur des philosophes sur le principe de cette inflexion générale, art. 37. Comment la lumière réfractée est rétablie par une seconde surface parallèle à la première surface réfringente, art. 26, 38. — De sa propagation intérieure ou de ses petits mouvemens dans les milieux, art. 23, 29, 41, 43, 52, 77, 147. De ses petits chemins intérieurs, ou de la grandeur de ses mouvemens successifs, art. 23, 41, 43, 44, 52, 55, 77, 78, 81. Des angles que ces mouvemens intérieurs comprennent entre eux, art. 30, 41, 42, 44, 51, 52, 54, 73, 74, 77, 78, 81. Des intervalles

de ces angles ou des pulsions lumineuses, art. 40, 41, 43, 52, 67, 69, 80. Que ces angles, et par suite leurs intervalles respectifs, varient réellement suivant la réfraction, est prouvé par l'expérience de Newton sur le miroir ardent (obs. 12^e), art. 98. Des faits qui établissent la règle de sa proposition quinzième sur les variations des grandeurs de ces mêmes intervalles dans les différentes réfractions, art. 93 (nomb. 2). — Que la lumière ne se propage que par ses chocs sur les petites parties de l'éther, qui, demeurant continuellement agité, n'est pas capable de lui faire perdre rien de son mouvement, art. 132, 133, 134, 165; mais tous les chocs, au contraire, qu'elle peut recevoir des parties immobiles ou peu agitées des corps terrestres, la doivent priver aussitôt, ou en très peu de temps, de toute sa vertu lumineuse, art. 132, 148. A quelle épaisseur des corps terrestres transparents cette perte de la lumière peut devenir totale, art. 148. Cette perte de son mouvement rectiligne la constituant en une simple agitation éliérée, elle se convertit en chaleur, art. 150, 152. Divers effets remarquables que sa rapidité produit, et que la chaleur seule ne pourrait faire, art. 159. — Des météores lumineux de l'arc-en-ciel et des couronnes ou halos, art. 100. Des parhélies, art. 98 (nomb. 3). De l'aurore boréale, de la lumière zodiacale, des feux de la fée Morgane, art. 180. De la foudre, art. 181. Voy. *Accès*, *Chaleur*, *Couleur*, *Électricité*, *Éther*, *Feu*, *Inflexion*, *Intervalle des accès*, *Magnétisme*, *Mouvement*, *Réflexion*, *Réfraction*, *Soleil*, *Transmission*, *Vitesse*, *Vue*.

Lumière zodiacale. Origine présumée de ce météore, art. 180.
Lune. Faiblesse de ses rayons, qui se reconnaît par la teinte bleuâtre qui y domine, art. 111, 150. Des couronnes irisées ou halos dont elle paraît quelquefois environnée, art. 100.

De sa grandeur apparente à travers les vapeurs de l'horizon, art. 35.

Magnétisme, propriété d'un fluide qui est la même matière que la lumière ou l'élément du feu, art. 131. L'attraction des aimans est le résultat naturel des impulsions réciproques des atmosphères de ce fluide, art. 166. Elle est respectivement plus forte dans les plus petits aimans, art. 67; et dans le centre de la sphère de son action, art. 68. Existence de ce principe dans la généralité des substances, art. 141. Voy. *Boussole*.

Mathématiques. De l'incertitude de leurs conclusions dans plusieurs phénomènes de la Physique, art. 95.

Matière, substance inerte, étendue, incapable par elle-même de résister ou de changer quoi que ce soit à l'état d'être où elle se trouve actuellement, art. 128. Ne peut s'ôter ni se donner à elle-même aucun mouvement, ni rien changer à celui qu'elle a une fois reçu, *ibid.* Toutes ses forces sont mécaniques, et elles agissent suivant la quantité des surfaces, art. 67, 71, 142; et c'est pour cette cause que la chaleur se perd ou se répand dans les corps d'autant plus vite que leur volume est plus petit, où qu'ils ont respectivement plus de surface, art. 151. Ces forces ou les lois générales de la matière n'ont encore été bien connues et appréciées que de Descartes, art. 128 et *Préf.*

Mer. Devient lumineuse par l'agitation de ses vagues, art. 129.

Mercure, substance qui tient le feu liquide en dissolution.

Devient lumineux lorsqu'on l'agite dans le vide, qui n'est rempli que de la matière lumineuse, art. 129. Ne remplit pas davantage l'espace qu'il occupe, que les corps les plus rares ne remplissent leur espace respectivement, art. 60, 146.

Métaux, substances compactes et combustibles, dont l'attraction est très forte pour le feu ou la matière électrique,

du métal, art. 154. Expériences sur les miroirs, art. 6, 59, 95. Voy. *Expériences*.

Molécules, petites parties distinctes dont les corps se composent. Leur configuration intime, 148, 149. Comment Pon peut reconnaître qu'elles ont généralement dans les cristaux et le fluide éthéré toutes leurs petites faces exactement planes, art. 65, 140. Des trois formes primitives qu'elles affectent dans les substances cristallisées, art. 6. — De la détermination des grandeurs des molécules colorées des corps opaques d'après les couleurs respectives qu'ils manifestent, art. 89. — Des distances réciproques des molécules entre lesquelles la lumière se propage dans les milieux, ou de leurs pores et intervalles vides, art. 20, 55; et de la grandeur approximative de ces intervalles, art. 78. Voy. *Parties réfringentes*.

Motion et Mouvement, la première des causes secondes de la nature, et la principale force par laquelle est régie la lumière, art. 12 et 15. Ne peut périr ni s'engendrer de lui-même, au contraire de ce que soutient Newton, art. 128 et Préf. — Des lois générales de sa communication dans les corps, art. 127. Comment semblent se perdre et s'anéantir peu à peu tous les mouvemens qui se font sur la surface de la terre, art. 128, 151. — Que le mouvement lumineux consiste en une impulsion directe de l'éther, art. 153. Comment il s'imprime à ce subtil corps, art. 129; comment il se conserve, art. 165; et comment il se perd, art. 150. — Du double mouvement de la lumière, ou son mouvement direct et son mouvement inverse, art. 39, 167; se peut démontrer immédiatement par l'expérience, art. 119, 121. Que la lumière se transmet par chacun des accès de son double mouvement en une façon différente, c'est-à-dire d'un différent côté des ouvertures réfringentes des milieux, art. 45;

d'où il résulte qu'elle est transmise à incidence oblique dans une abondance plus grande par l'impulsion de son mouvement direct, que par l'autre mouvement opposé, art. [46](#), [47](#). Telle est l'origine de ses accès de réflexion et de transmission alternative, art. [49](#). — Des petits mouvemens lumineux et de leur appréciation réelle, art. [23](#), [29](#), [41](#), [52](#), [77](#), [147](#). Leurs grandeurs ne sont pas les mêmes dans les différens milieux, art. [40](#); ni dans les mêmes milieux entre les différentes lumières homogènes, art. [77](#), [78](#), [81](#). — Du principe des variations et des mouvemens généraux de l'aiguille aimantée, art. [144](#), [179](#). — Du mouvement interne des fluides, art. [126](#); des forces différentes de ce mouvement, art. [137](#), [146](#). — Du mouvement sonore, art. [125](#), [176](#). — Du mouvement calorique, art. [153](#), [155](#). Fausse opinion des philosophes sur ce mouvement, art. [152](#).

Nerf optique, substance blanchâtre et flexible qui constitue l'organe de la vue, art. [4](#), [163](#). Voy. *Vue*.

Newton, savant astronome et géomètre anglais. Voy. précédemment la Table de concordance de son *Optique*, et la Préface.

Odeur, fumée subtile et invisible, art. [160](#).

OEIL. Son organisation, art. [4](#). Expérience de l'œil à l'ouverture d'un cabinet ténébreux, art. [4](#) et [163](#). Voy. *Vue*.

Ombres. Des bordures qui les accompagnent en les regardant par le prisme, art. [111](#). De leurs couleurs à la réverbération de l'atmosphère, art. [124](#).

Opacité. Est le résultat des réflexions intérieures de la lumière dans la substance des corps, par l'inégalité de résistance que ses rayons y éprouvent, art. [56](#), [57](#), [60](#). Cette inégalité a sa cause dans la diversité des petits mouvemens

de l'éther entre les molécules de ces corps et dans les vides intérieurs qu'ils peuvent contenir, c'est-à-dire qu'elle provient de la diversité des espaces où ce fluide se ment dans leur substance hétérogène, art. [172](#); car les corps opaques sont des agrégés de petits milieux distincts réunis entre eux, art. [85](#). En quoi ils diffèrent des corps diaphanes, qui ne composent qu'un seul et unique milieu bien homogène, art. [87](#). De la double réflexion qui se fait sur la surface des corps opaques, art. [173](#). Origine de la chaleur que ces corps conçoivent à la lumière, art. [152](#), [177](#). De l'intensité différente de cette chaleur dans les différents corps naturels, art. [109](#).

Ouvertures réfringentes. Transmettent les rayons en quantité différente par chacun de leurs côtés opposés, art. [31](#), [32](#), [46](#); et sont plus étroites constamment dans les corps dont la réfraction est plus forte, art. [16](#), [20](#), [137](#), [142](#). Voy. *Intervalles des corps* et *Transmission*.

Oxides. De l'origine de leurs couleurs, art. [170](#). Des réductions de l'oxide d'argent par la lumière, et principalement la lumière violette, art. [159](#).

P. N. Erreur de cet ouvrage sur la conformation des moindres parties de l'élément du feu, art. [125](#). Cause qu'il assigne de l'attraction, art. [5](#); et comment elle s'exerce, art. [142](#). Sa théorie sur la chaleur des planètes et de l'atmosphère, art. [156](#); sur la flexibilité des corps lorsqu'ils sont chauffés, art. [149](#); sur le mouvement interne des fluides et les causes de leur dilatation et de leur condensation, art. [126](#), [146](#) ([137](#), [144](#)). De la puissance de la gravité, et de sa cause selon cet ouvrage, art. [126](#), [142](#), 170.

Parhélies, fausses apparences de plusieurs soleils par la réflexion des nues, art. 98 (nomb. [3](#)).

Parties réfringentes. Ce sont les petites parties par le choc desquelles la lumière se propage et se répercute dans l'intérieur des milieux, art. 22. Elles agissent dans cette répercussion lumineuse comme si leur figure était exactement ronde ou sphérique, art. 16, 20, 31, 138. De leurs distances réciproques dans les milieux, art. 20, 55, 78. — Les corpuscules de l'éther sont les vraies parties réfringentes de tous les milieux, art. 132. Voy. *Éther et Intervalles réfringens.*

Philosophie. Combien elle est vaine et trompeuse, art. 181 et Préf. Qu'elle s'est abusée sur les premiers principes de toutes choses, ou qu'elle les a ignorés entièrement, art. 11, 128. Erreur des physiciens et des chimistes sur la vraie nature des corps, art. 11, 87. Erreur de Francklin et de Lavoisier, art. 171. Erreur des savans sur l'origine et le principe de l'électricité et du magnétisme, art. 166.

Phlogistique, élément du feu pur selon Stahl, art. 171. Voy. *Feu et Lumière.*

Phosphorescence des diamans et du poil des chats par le frottement, et de l'eau par l'impulsion de son jet ou l'agitation d'une tempête, art. 120.

Planètes. De leur chaleur respective, art. 156. De la puissance absolue des rayons aux diverses distances où sont ces sphères, art. 165.

Plantes. De leurs couleurs et des mutations différentes qu'elles peuvent subir, art. 89. Des fleurs changeantes, art. 170. Que le soleil est tout le principe de leur énergie et de leur coloration, et quelles sont les couleurs qui dominent dans les plantes de chaque saison et de chaque climat, art. 159.

Poil des chats. Devient lumineux par le frottement, art. 129.

Polé. De la disposition particulière qu'il communique aux molécules constituantes des corps, art. 65 (nomb. 2.) Que

les substances les mieux polies dispersent toujours sur leur surface quelque faible partie de la lumière, art. 46, 139. Par cette dispersion irrégulière des rayons s'explique le phénomène des couleurs sur le miroir concave, art. 95, 96.

Pores, petits intervalles ou ouvertures à travers lesquels se propagent dans les substances diaphanes les rayons lumineux, art. 21. Leurs grandeurs relatives, art. 20; et leurs grandeurs absolues, art. 55, 78. Ils sont plus étroits en général dans les substances terrestres dont la réfraction est plus forte, art. 16, 137; mais moins étroits dans les corps combustibles qu'en les autres milieux d'une même réfraction, et qui ne sont pas combustibles, art. 142.

Principe chaud, colorant, combustible, électrique, lumineux et magnétique. Voy. *Chaleur*, *Couleur*, *Combustibilité*, *Électricité*, *Lumière* et *Magnétisme*.

Prisme, verre poli triangulaire, art. 7. Principes d'analyse de sa réfraction, art. 28. De ses effets sur la lumière du jour, art. 101, 113. Disposition des bandes ou bordures colorées dont sont accompagnées les ombres des objets que l'on regarde par ce verre, art. 111; de l'origine de ces bordures, art. 13, 70. Voy. *Réfraction* et *Expériences*.

Prunelle ou *Pupille*, petit trou rond dans la seconde tunique de l'œil, qu'on nomme la *pie-mère*, et qui forme l'*iris*. Il se rétrécit par la trop grande lumière, et se dilate ou s'élargit à l'obscurité, comme il est aisé de l'observer dans l'œil des chats, art. 4.

Pulsions de la lumière. Nous nommons ainsi les changemens successifs de ses accès, ou ses passages d'un accès à un autre, art. 40. Voy. *Accès*.

Rayons. Dans un sens restreint et absolu, c'est chacune des moindres parties de la lumière; sous une acception plus

étendue et générale, c'est l'ensemble de toutes les parties lumineuses qui se meuvent sur le même plan ou sur des plans parallèles, art. 1. Voy. *Lumière*.

Réflexion et Réflexibilité. La réflexion est la répercussion de la lumière sur la surface d'un corps, et la réflexibilité cette propriété qu'elle a de se réfléchir, art. 2. En quoi la réflexion diffère de la transmission et de la réfraction, art. 3. — Toute transmission de la lumière d'un milieu à un autre est accompagnée de réflexion, art. 57; mais la réflexion est nulle dans la propagation des rayons dans un même milieu, art. 58. L'abondance de la réflexion de la lumière ne suit pas la raison de la solidité du milieu sur la surface duquel elle se fait, mais le rapport seulement de la puissance réfractive de ce milieu à celle du milieu premier où elle s'effectue; c'est-à-dire qu'elle sera plus forte sur la surface du crystal lorsque cette substance est dans l'air que lorsqu'elle est dans l'eau, dont la réfraction diffère moins que celle de l'air de la réfraction du crystal, art. 56, 59, 60, 64. La cause s'en trouve dans la diversité des petits mouvemens de l'éther dont tous les milieux sont remplis, laquelle naturellement est d'autant plus grande entre les deux milieux contigus, que ces milieux sont plus différens de leur nature, art. 145, 146, 172. D'où vient que la réflexion semble plus forte à toutes choses égales dans les corps les plus denses, art. 59. — Chaque rayon, par l'effet de son mouvement en zigzag, est plus réfléchible alternativement, quand son incidence est oblique sur la surface, dans l'impulsion inverse de son mouvement, que dans la disposition opposée, art. 46. C'est cette propriété que Newton a nommée l'accès de sa réflexion la plus facile, art. 49. Mais cette disposition de la lumière n'est pas cependant, comme ce géomètre le croyait, le vrai principe de sa réflexion sur

les milieux, puisqu'elle se manifeste uniquement dans une incidence oblique, et que la quantité de la réflexion suit généralement la règle précise qui vient d'être établie de l'égalité des réfractions entre les deux milieux contigus, art. 50, 66. Pourquoi cette quantité est plus forte à toutes choses égales, dans les espaces des très petits milieux, art. 63 et 91 (nomb. 3). Les apparences des couleurs qui résultent de cette disposition lumineuse cessent d'être sensibles à de très petits intervalles ou après neuf séries de ces alternatives, art. 63, 83. — De la réflexibilité de la lumière en général, art. 53, 55, 78. Qu'elle doit s'accroître après la réfraction de la lumière dans un corps dense, art. 54. De la réflexibilité différente des sept rayons homogènes, art. 8, 63, 78, 117. Que l'ordre de cette réflexibilité dans les rayons semblerait se devoir renverser et devenir inverse à une réfraction inverse, art. 79. — Des réflexions doubles dans les cristaux, art. 6, 59, 66. Des deux réflexions de la lumière sur la surface des corps opaques, art. 88, 173. — De la vertu réfléchive des miroirs, art. 65, 139, 140, 154. Que la lumière perd environ moitié par sa réflexion sur leur surface polie, art. 139. Voy. *Lumière, Miroirs, Répercussion.*

Réfraction et Réfrangibilité. La réfraction est une déviation de sa course directe que la lumière subit lorsqu'elle traverse obliquement d'un milieu à un autre, et la réfrangibilité est cette propriété qu'elle a de se réfracter, art. 3.

— En quoi la réfraction est opposée à la réflexion, et ce qui la distingue du phénomène général de la transmission, *ibid.*

— Elle est l'effet des impulsions différentes que les parties lumineuses subissent sur les extrémités des petites ouvertures du milieu où leurs faisceaux se transmettent, art. 16, 21, 22, 174. Erreur des opinions différentes qu'on

avait eues jusqu'ici sur ce phénomène, art. 37 et 38. Il y a en effet une différence essentielle entre l'immersion de la lumière, qui ne frappe que sur les parties les plus petites des milieux, et la chute des corps terrestres sur une liqueur qui leur résiste de toute sa masse, art. 37. Cette inflexion de la lumière par la résistance des milieux s'accomplit vers la perpendiculaire à leur surface réfringente, art. 17. — Réfraction de la lumière par l'un de ses mouvemens alternatifs, art. 24; réfraction par le second mouvement, art. 25; entre surfaces parallèles, art. 26; dans un milieu plus rare, art. 27; par le prisme, art. 28; par une lentille, art. 35; dans les vapeurs de l'air, art. 36. — De la mesure de la réfraction, et de sa puissance dans les milieux divers, art. 5. Pourquoi cette puissance agit avec le plus de force dans les substances combustibles, art. 142; et qu'elle est proportionnelle constamment à la condensation ou à l'abondance de la matière éthérée dans les milieux, art. 16, 137, 142. Que les forces absolues de la réfraction qui font infléchir la lumière s'accroissent graduellement par l'obliquité, art. 19. Déterminer à quelle obliquité de l'incidence ces forces seraient les mêmes sur le rayon dans la réfraction de l'eau, que dans la réfraction plus forte du crystal à une obliquité moindre qui soit donnée, art. 34. Que l'éther est le vrai milieu où se font toutes les réfractions de la lumière, art. 132, 137, 142. — De la réfrangibilité différente des sept rayons homogènes, art. 8, 72, 116. Le principe en est dans l'inégalité naturelle de leurs impulsions réciproques, art. 70, 174. Rapport des réfractions différentes de ces lumières aux intervalles respectifs de leurs accès, art. 72. Que la diversité de leurs réfractions est proportionnelle aux différences des cordes qui sonnent dans l'octave les sept tons de la musique, art. 116. Et de cette diver-

sité naturelle résulte dans les réfractions du prisme leur décomposition apparente, ou la séparation des couleurs de la lumière blanche du jour, art. 9, 110, 113. Réfutation de quelques explications mal fondées sur ce phénomène, art. 102, 103, 105, 106, 114, 115. Pourquoi les rayons jaunes dans cette décomposition lumineuse occupent toujours le milieu de l'image, art. 68, 70. — De la réfraction double, art. 6. Pourquoi ce phénomène n'existe pas dans la réfraction du diamant, *ibid.* Voy. *Inflexion et Lumière*.

Répercussion, rejaillissement d'un corps qui est renvoyé par un autre corps qui le heurte, art. 3, 12. La lumière se répercute sur toute surface unie avec un angle égal à l'angle de son incidence, art. 2, 11, 12. Des causes de sa répercussion uniforme sur la surface polie des miroirs, art. 65, 140. Des répercussions intérieures de la lumière, art. 29, 147. Voy. *Accès, Lumière, Mouvement, Réflexion*.

Rétine, épanouissement de la partie blanche et médullaire du nerf optique qui tapisse toute la cavité de l'œil, art. 4. Sur cette tunique intérieure se viennent dépeindre les images diverses des objets, art. 4, 163.

Røemer. Reconnut le premier que la lumière employait huit minutes de temps à se propager du globe du soleil à la terre, art. 12.

Rude ou *raboteux* (Corps). De la dispersion de la lumière sur les corps dont la surface est rude et raboteuse, art. 60, 65 (nomb. 1).

Saussure. Expérience sur la chaleur, rapportée par Buffon, art. 156.

Seahrsfer. Observations sur les couleurs accidentelles, art. 123.

Scheèle. Expérience sur les deux thermomètres, l'un rempli d'une liqueur rouge et l'autre d'une liqueur blanche inco-

lore, exposés aux rayons ardens de la lumière, art. 102, 109. Des degrés de force des divers rayons colorés, art. 108. De la chaleur que conçoivent les corps à la lumière selon leurs couleurs différentes, art. 109. — Expérience sur les émanations embrasées qui s'exhalent de l'ouverture d'un poêle, art. 154. — Que l'air ne s'échauffe pas par les rayons directs qui le traversent, art. 156. — Il pensait que la chaleur était un composé de l'air vital et de l'élément du feu pur, et la lumière une chaleur qui était mue avec une extraordinaire vélocité, art. 158. — Des réductions de l'oxide d'argent par l'absorption de la lumière, et principalement de la plus subtile, art. 159.

Sensation et Sentiment. Que le sentiment de la lumière et de la diversité des couleurs est l'effet des impulsions des petits corps lumineux sur le nerf-optique, art. 1, 161; et cette impulsion consiste dans un mouvement tremblant ou de vibration qui est produit dans ce nerf, art. 162.

Sinus, perpendiculaire abaissée de l'extrémité d'un arc sur le rayon du cercle, par laquelle se mesure la réfraction de la lumière dans les milieux, art. 5.

Soleil, globe solide, liquéfié par l'agitation de l'éther, qui retombe de tous les points du ciel sur sa masse et en est renvoyé en lumière, art. 164. Il ne peut donc rien perdre de sa substance par cette forte émission de lumière, *ibid.* C'est, contre le sentiment de Buffon, le vrai principe de toute la chaleur qui est répandue sur notre globe et les diverses autres planètes, art. 156; le principe de toute la végétation et de la coloration des plantes, et le grand moteur de l'univers, art. 159. — Que la grande puissance de ses rayons est cause que la couleur jaune y domine sensiblement, art. 108. — Des couleurs accidentelles qu'il fait paraître lorsqu'on l'a fixé quelque temps, art. 123, 162. —

De l'accroissement ou de la diminution apparente de son globe par la réfraction de l'atmosphère, art. 35. De son apparence rougeâtre à travers les vapeurs d'un brouillard, art. 111 (et 117). — Des couronnes ou halos qui paraissent quelquefois autour de son globe, art. 100; et des parhélies ou faux soleils, art. 98 (nomb. 3). — D'où vient la trace lumineuse que fait paraître un rayon qui s'échappe par l'ouverture d'un nuage, ou qui traverse sous les voûtes éclairées d'une salle, art. 58, 140.

Son. Que c'est à tort qu'on a assimilé la propagation de la lumière à celle du son, art. 104, 125. De l'ébranlement que le son occasionne dans les corps, comparé à la chaleur que la lumière y excite, art. 125. Réflexion générale sur les théories du son, art. 176.

Spectre solaire, image oblongue des sept couleurs que dépeint dans une chambre noire un rayon du soleil décomposé par le prisme, art. 101.

Stahl et Stahlens, les partisans du système du phlogistique ou de l'existence du feu pur solidifié dans les corps, art. 171.

Température de l'atmosphère, art. 156. Voy. *Atmosphère et Chaleur*.

Terre, le premier élément créé et le plus grossier ou le plus massif. C'est la première base du crystal ou l'eau pure solidifiée, art. 171. Des terres primitives des chimistes, art. 87. — Cause probable de l'obliquité de l'axe terrestre dans son orbite, art. 144.

Thermomètre, mesure de chaleur. Expérience des deux thermomètres de Scheèle, art. 102, 109; du thermomètre dans le vide de la machine pneumatique, art. 155.

Tons de la musique. Que les distances des pulsions dans les sept lumières et leurs réfractions respectives paraissent être

dans une certaine harmonie avec les distances réciproques des sept tons de la musique, art. 69, 72, 116.

Tonnerre, l'un des météores dont le principe est dans la matière lumineuse, art. 166. Que si l'électricité est le moyen que Dieu emploie pour produire et faire éclater la foudre, c'est sa toute-puissance souvent qui la dirige, art. 181. Voy. *Électricité*.

Transmission, passage de la lumière dans un nouveau milieu, art. 3. En quoi elle diffère de la réfraction, *ibid.* Que la lumière, à son incidence oblique, est transmise dans un milieu en plus considérable abondance par l'un des côtés des ouvertures de ce milieu, que par le côté opposé, art. 16, 31, 32. Que le côté de ces ouvertures par lequel la lumière dans l'un de ses mouvemens se propage, est différent de celui par lequel elle se propage dans le mouvement inverse, art. 32, 45. Que si elle se propage dans son mouvement direct par le côté de l'ouverture où la transmission est la plus abondante, la quantité absolue de la lumière qui se transmettra sera plus forte en total, que si elle se propageait au contraire par ce même côté dans son mouvement inverse, art. 33; et que, dans le premier cas encore, l'angle que comprennent entre eux, en se joignant, les plans de deux des petits mouvemens de la lumière, deviendra plus petit successivement par la réfraction des rayons d'un milieu plus rare à un plus dense, et inversement dans le cas contraire, art. 24, 42. Que la lumière se transmet en sa plus grande abondance par son mouvement direct, art. 46, 47, 168. De cette inégalité de sa transmission par ses deux mouvemens alternatifs dérive le phénomène de ses accès de réflexion et de transmission plus facile dans les milieux, art. 49. Voy. *Accès*, *Lumière*, *Réfraction*.

Transparence. C'est l'absence de toute réflexion intérieure

dans les corps par l'égalité de résistance que la lumière y éprouve, art. 58, 60. Elle provient de l'uniformité des petits mouvemens de l'éther dans toute l'étendue de ces corps et de sa quantité uniforme, art. 145, 172. Homogénéité parfaite des corps transparens prouvée par leur réfraction, art. 23. Distinction de ces corps d'avec les corps opaques, art. 87. Qu'ils s'échauffent peu à la lumière, art. 109, 177. De la transparence que peuvent acquérir certains corps lorsqu'ils sont imbibés d'une liqueur, et réciproquement de la perte de la transparence en d'autres corps, art. 85. De la transparence dont les corps qui sont volatilisés ou dissous dans la substance d'une liqueur, participent avec cette liqueur même, art. 87, 177.

Végétation. L'action ardente du soleil en est l'essentiel principe, art. 159. Voy. *Plantes*.

Verres grossissans. Théorie de ces verres, art. 35, 90 (nomb. 2). Leur usage pour corriger les défauts de la vue, art. 4.

Vitesse. Du temps nécessaire aux rayons pour parvenir vers nous du soleil, art. 12. De leur vitesse absolue dans les différens milieux et à de différentes réfractions, art. 44. De leur vitesse relativement aux chemins plus ou moins longs qu'ils ont à parcourir dans les différens milieux où ils se réfractent, art. 51. Proportion des vitesses absolues des sept lumières dans leur réfraction, et leur rapport aux degrés divers de leur réflexibilité, art. 74. De leurs vitesses relativement aux chemins plus ou moins longs qu'elles ont chacune à parcourir dans les milieux divers où elles se réfractent, art. 79.

Vue et Vision. L'impulsion des petits corpuscules lumineux sur le nerf optique produit la vision, art. 1, 161. Des

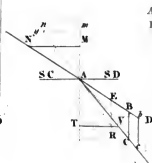
jets de lumière qu'un coup sur l'œil y fait voir , art. 1, 162.
— De l'organisation de la vue, art. 4. De la vue longue et de la vue courte, et comment on peut remédier à ces défauts par l'usage des verres, *ibid.* Comment les objets qui se dépeignent doubles et renversés dans les yeux, peuvent cependant se montrer simples et dans leur position véritable à la perception de l'âme, art. 163. Que plus un objet est proche de nous, et plus ses rayons doivent parvenir à nos yeux avec une divergence considérable, et occupant de la sorte au fond de l'œil une étendue plus grande, se faire voir sous une figure plus amplifiée : ainsi l'usage des verres est d'accroître cette divergence des rayons qui amplifie les objets, art. 35.

Zircone, l'une des cinq terres primitives des chimistes. N'est pas une substance pure, élémentaire, indivisible, art. 87.

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

l'inflexion entre des

Wierps. Anal. art. 17 & 18.



Fv.

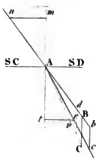
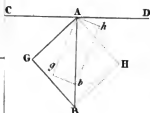


Fig. 4

Fig. 4 bis.



grave par Adam



M_gsa refraction. Anal. Prop. 2^d.

viij^e , Mesure de la vitesse de la lumière , Art. 44, 51, 56.

Fig. 10.

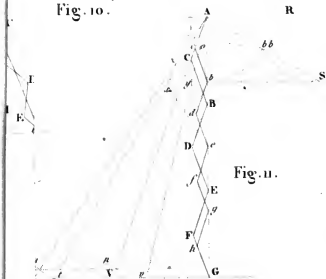
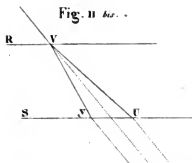


Fig. 11.





Anal. art. 113.
p. VIII.

Expérience du miroir ardent.
Anal. art. 96. Opt. lib. II.

Fig. 14.

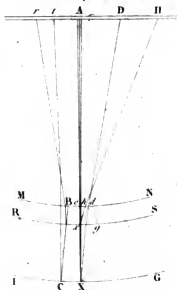
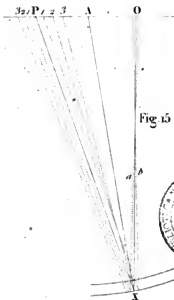
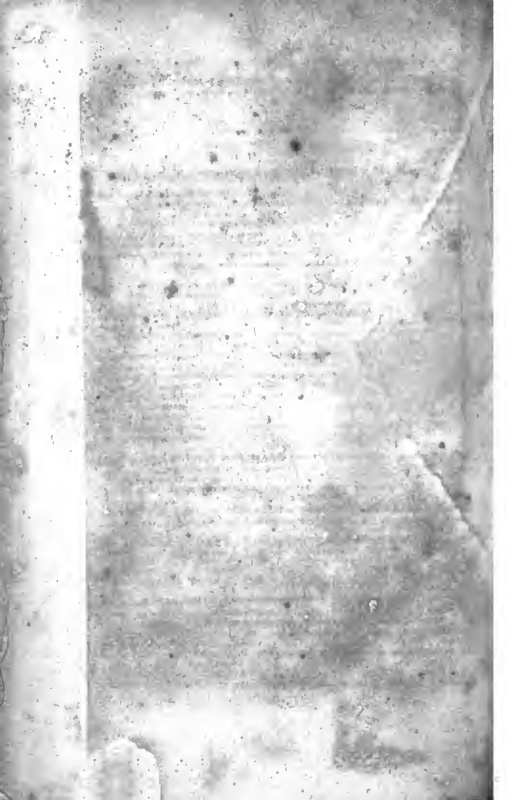


Fig. 15.



Fig. 15 bis.





JANVIER 1833.

IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE
POUR LES MATHÉMATIQUES, LA MARINE, LES
SCIENCES ET LES ARTS EN GÉNÉRAL.

EXTRAIT DU CATALOGUE

*Des Livres qui se trouvent chez BACHELIER, imprimeur-libraire
du Bureau des Longitudes, de l'École polytechnique, etc.,
quai des Augustins, n° 55.*

~~~~~  
**OUVRAGES ADOPTÉS PAR L'UNIVERSITÉ DE FRANCE,**  
**POUR L'ENSEIGNEMENT DANS LES COLLÈGES, etc., ET DESTINÉS AUX CANDIDATS POUR LES ÉCOLES POLYTECHNIQUE, MILITAIRES, DE MARINE, etc.**

**TRAITÉ DE MÉCANIQUE**, par S. D. POISSON; DEUXIÈME ÉDITION CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE, 2 forts volumes in-8., avec planches, 1833, 18 fr.

Cette édition est entièrement différente de la première, et pour la rédaction, et pour l'ordre que l'auteur a suivi dans l'exposition des matières; cet ordre est celui que l'on a adopté, dans ces derniers temps, à l'École Polytechnique, et qui paraît le mieux convenir à l'enseignement. Quoique cet ouvrage soit un traité de Mécanique rationnelle, l'auteur n'a cependant pas négligé d'indiquer les principales applications de cette science à la Mécanique pratique. Les autres exemples nécessaires pour éclaircir les questions générales ont été multipliés et choisis, surtout, dans l'Astronomie et dans la Physique, et quelques-uns dans l'Artillerie. De cette manière, l'ouvrage peut servir à faciliter la lecture de la *Mécanique céleste*; on y trouve aussi tous les principes de la *Physique-Mathématique* dont l'auteur s'est occupé dans différents mémoires, et dans l'ouvrage publié récemment sous le titre de *Nouvelle théorie de l'Action capillaire*. Le traité de Mécanique que nous annonçons est une introduction à d'autres ouvrages où l'auteur se propose de réunir et de développer les théories physiques auxquelles on a appliqué jusqu'à présent, avec quelques succès, l'analyse mathématique.

**COURS DE GEOMETRIE ELEMENTAIRE**, à l'usage des Élèves qui se destinent à l'École Polytechnique. *Ouvrage adopté par l'Université pour l'enseignement de la Géométrie*; par VINCENT, Professeur de Mathématiques au Collège Saint-Louis; SECONDE ÉDITION, entièrement refondue, imprimée sur beau papier, 1 vol in-8., 18 pl., 1832, 7 fr.

**TABLES DE LOGARITHMES**, de LALANDE, étendues à SEPT DÉCIMALES, par MARIE, précédées d'une Instruction, dans laquelle on fait connaître les limites des erreurs qui peuvent résulter de l'emploi des Logarithmes des nombres et des lignes trigonométriques; par le Baron REYNAUD, examinateur des candidats pour l'École Polytechnique, etc. 1829, in-12, STÉRÉOTYPE, 3 fr. 50 c.

*Ouvrages de M. LACROIX, Membre de l'Institut et de la Légion-d'Honneur, Doyen des Sciences à l'Université, Professeur au Collège de France, etc.*

**COURS DE MATHÉMATIQUES** à l'usage de l'École centrale des Quatre-Nations. Ouvrage adopté par le Gouvernement pour les Lycées, Ecoles secondaires, Collèges, etc., par M. LACROIX de l'Institut, 10 vol. in-8., 49 fr.

*Chaque volume du Cours se vend séparément, savoir :*

|                                                                                                                                          |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Traité élémentaire d'Arithmétique, 18 <sup>e</sup> édition, 1830,                                                                        | 2 fr. |
| Elémens d'Algèbre, 15 <sup>e</sup> édition, 1830,                                                                                        | 4 fr. |
| Elémens de Géométrie, 14 <sup>e</sup> édition, 1830,                                                                                     | 4 fr. |
| Traité élémentaire de Trigonométrie rectiligne et sphérique, et d'Application de l'Algèbre à la Géométrie, 8 <sup>e</sup> édition, 1827, | 4 fr. |
| Complément des Elémens d'Algèbre, 5 <sup>e</sup> édition, 1825,                                                                          | 4 fr. |

- Complément des *Elémens* de Géométrie, ou *Elémens* de Géométrie descriptive, 6<sup>e</sup> édition, 1829, 3 fr.
- Traité élémentaire de Calcul différentiel et de Calcul intégral, 4<sup>e</sup> édit., 1827, 8 fr.
- Essai sur l'enseignement en général, et sur celui des Mathématiques en particulier, ou Manière d'étudier et d'enseigner les Mathématiques, 1 volume in-8.; troisième édition, revue et augmentée, 1828, 5 fr.
- Traité élémentaire du Calcul des Probabilités, in-8., 3<sup>e</sup> édition, 1833, avec une planche, 5 fr.
- Introduction à la Géographie mathématique et physique. 2<sup>e</sup> édit., in-8., avec cartes, 1811, 10 fr.
- Introduction à la connaissance de la sphère, in-18., 1 fr. 25.
- TRAITE COMPLET DE CALCUL DIFFERENTIEL ET INTEGRAL, 3 vol. in-4., 66 fr.
- Le *Traité élémentaire d'Arithmétique*; les *Elémens d'Algèbre*, qui ne contiennent que les principes et les méthodes d'une application usuelle; les *Elémens de Géométrie*, où l'Auteur a tâché de concilier les rigueurs des démonstrations avec l'ordre naturel des propositions; et le *Traité élémentaire de Trigonométrie* et d'*Application de l'Algèbre à la Géométrie*, composent un Cours élémentaire après lequel on peut passer immédiatement au *Traité de Calcul différentiel et de Calcul intégral*. L'Auteur a évité l'emploi des formules de l'Algèbre supérieure, afin de ne pas retarder l'entrée des Elèves dans la Mécanique et ses applications, qui sont ordinairement le but principal de l'étude des Mathématiques. Il n'a cessé, à chaque édition, de perfectionner les détails de ses ouvrages et de veiller à leur correction.
- BOURDON, Inspecteur de l'Université de Paris, Examinateur des Aspirans à l'Ecole polytechnique. ELEMENS D'ARITHMETIQUE, 1 vol. in-8., 10<sup>e</sup> édition, 1833, 5 fr.
- ELEMENS D'ALGÈBRE, 6<sup>e</sup> édition, 1 fort vol. in-8., 1831, 8 fr.
- APPLICATION DE L'ALGÈBRE A LA GÉOMÉTRIE, contenant les deux Trigonométries et la Géométrie à trois dimensions; 3<sup>e</sup> édition, 1 fort vol. in-8., avec 15 planches, 1831, 7 fr. 50 c.
- BIOT, Membre de l'Institut, professeur au Collège de France, etc. TRAITE ÉLÉMENTAIRE D'ASTRONOMIE PHYSIQUE, destiné à l'enseignement dans les Collèges, etc.; 3 forts vol. in-8., 1810.
- PHYSIQUE MÉCANIQUE, traduite de l'allemand de Fischer, avec notes; 4<sup>e</sup> édition, considérablement augmentée, in-8., 1830, 7 fr. 50 c.
- ESSAI DE GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE appliquée aux courbes et aux surfaces du second ordre; in-8., avec 10 planches, 1833, 8<sup>e</sup> édition, revue et corrigée (sous presse pour paraître incessamment), 7 fr.
- NOTIONS ÉLÉMENTAIRES DE STATIQUE destinées aux jeunes gens qui se préparent pour l'Ecole Polytechnique et qui suivent les Cours de l'Ecole de Saint-Cyr; 1 vol. in-8., 1828, 3 fr. 75 c.
- \* LEFEBVRE DE FOURCYE, examinateur des Aspirans à l'Ecole royale Polytechnique, docteur ès-sciences, etc. LEÇONS DE GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE, données au Collège royal de Saint-Louis, dans lesquelles on traite des Problèmes déterminés, de la ligne droite et des lignes du second ordre, etc; 2<sup>e</sup> édition, 1811, 1 vol. in-8., 7 fr. 50 c.
- \* — THÉORIE DU PLUS GRAND COMMUN DIVISEUR ALGÈBRE ET de l'élimination entre deux équations à deux inconnues. In-8. br., 1827, 1 f. 50 c.
- \* — GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE, 2 vol. in-8. dont un de pl., 1830, 10 fr.
- MAYER, Chef d'une Institution polytechnique, et CHOQUET, Professeur de Mathématiques. TRAITE ÉLÉMENTAIRE D'ALGÈBRE, 1 vol. in-8., 1832, 7 fr.
- BEZOUT. TRAITE D'ARITHMETIQUE à l'usage de la Marine et de l'Artillerie, avec des Notes fort étendues et des Tables de Logarithmes, pour les Elèves qui se destinent à l'Ecole Polytechnique; par A.-A.-L. REYNAUD, Examinateur des Candidats à l'Ecole Polytech., etc., in-8., 16<sup>e</sup> édit. stéréot., 1832, 3 fr. 50 c.
- Le texte pur se vend séparément, 2 fr.
- Le même, suivi des tables des poids et mesures et de tables de logarithmes, depuis 1 jusqu'à 10,000; in-8<sup>o</sup>, 2 fr. 50 c.
- Les Notes se vendent aussi séparément, 2 fr. 50 c.
- BEZOUT. ALGÈBRE et Application de cette science à la Géométrie, nouvelle

- édition, revus et augmentés de Notes fort étendues; par A.-A.-L. REYNAUD, Examinateur des Candidats à l'École Polytechnique, etc., in-8., 1829, 6 fr.
- Le *texte pur* se vend séparément, 4 fr.
- Les Notes se vendent aussi séparément, 4 fr.
- GEOMÉTRIE contenant la Trigonométrie rectiligne et la Trigonométrie sphérique; Notes sur la Géométrie, *Elémens de Géométrie descriptive et Problèmes*; par REYNAUD, 7<sup>e</sup> édit. avec 21 planches, 1829, 6 fr.
- Le *texte pur* se vend séparément, 4 fr.
- Les Notes se vendent aussi séparément, 4 fr.
- TRAITE DE NAVIGATION, nouvelle édition, revue et augm. de Notes, et d'une Section supplémentaire où l'on donne la manière de faire les Calculs des Observations avec de nouvelles Tables qui les facilitent; par M. de Rossel, Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, Contre-Amiral, etc., 1 vol. in-8., avec 10 planches, 6 fr.
- DEMONFERRAND, Professeur de Mathématiques et de Physique au Collège de Versailles, Examinateur à l'École Polytechnique. MANUEL D'ELECTRICITÉ DYNAMIQUE, ou Traité sur l'Action mutuelle des conducteurs électriques et des aimans, et sur la nouvelle Théorie du Magnétisme, pour faire suite à tous les *Traités de Physique élémentaire*, in-8., 1823, avec 5 planches 4 fr.
- HAUY (l'abbé). TRAITE ELEMENITAIRE DE PHYSIQUE, adopté par le Conseil royal de l'Instruction publique pour l'enseignement dans les Collèges, troisième édition, considérablement augmentée, 2 vol. in-8., avec 19 pl., 15 fr.
- Ouvrage suivi dans les séminaires*
- MONGE, Membre de l'Institut, etc. GEOMÉTRIE DESCRIPTIVE, 5<sup>e</sup> édition, augmentée d'une théorie des Ombres et de la Perspective, extraite des papiers de l'Auteur; par M. BRISSON, ancien Elève de l'École Polytechnique, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; 1 v. in-4., avec 28 planch., 1827 12 fr.
- Quel que soit le mérite des ouvrages qui ont été publiés sur la Géométrie, aucun ne porte cette lumière que cet illustre savant répandait si habilement dans ses leçons. On aime à y retrouver les éclairs de génie que l'inventeur distribuait avec tant d'art dans ses discours, et qui électrisaient son auditoire. « En remontant dans le passé, je crois entendre, dit M. Francoeur, la voix de Monge, lorsqu'il me fit comprendre les premières notions des arts qu'il avait assujetties à sa nouvelle doctrine. Je voyais les voûtes de pierre s'édifier sous ses mains, les charpentes se dresser et s'assembler à son ordre dans leurs justes proportions, les ombres se distribuer à sa voix sur les corps mis en perspective.... et ces sublimes leçons, je les retrouve dans le *TRAITÉ DE GEOMÉTRIE DESCRIPTIVE*, l'un des plus beaux titres que ce savant, aussi estimable que modeste, ait à la reconnaissance des hommes industrieux. »
- APPLICATION DE L'ANALYSE A LA GEOMÉTRIE, à l'usage de l'École Polytechnique, in-4<sup>o</sup>, 5<sup>e</sup> édition (sans presse).
- TRAITE ELEMENITAIRE DE STATIQUE, vol. in-8., 3 fr. 50 c.
- LEROY (Professeur à l'École Polytechnique). COURS DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE. ANALYSE APPLIQUÉE A LA GEOMÉTRIE DES TROIS DIMENSIONS, contenant les surfaces du 2<sup>e</sup> ordre, avec la théorie générale des surfaces courbes et des lignes à double courbure; in-8., 1829, 5 fr.
- POINSOT, membre de l'Institut. ELEMENS DE STATIQUE, adoptés pour l'Instruction publique, suivis de deux Mémoires sur la théorie des Moments et des Aires, et sur l'application de cette théorie au Système du monde, in-8., 5<sup>e</sup> édit. considérablement augmentée, avec pl., 1830, 6 fr.
- Ouvrages de M. le baron REYNAUD, Examinateur des Candidats de l'École Polytechnique, de l'École spéciale militaire, de Marine.*
- ARITHMÉTIQUE, à l'usage des Elèves qui se destinent à l'École Polytechnique et à l'École militaire; 16<sup>e</sup> édition, augmentée d'une Table des Logarithmes des nombres entiers, depuis un jusqu'à dix mille, 1 vol. in-8., 1832, 4 fr. 50 c.
- ELEMENS D'ALGÈBRE, à l'usage des Elèves qui se destinent à l'École royale Polytechnique et à l'École spéciale militaire, 1 vol. in-8., 8<sup>e</sup> édit., 1830, 7 f. 50.
- REYNAUD. ALGÈBRE, anc. édit., 2<sup>e</sup> section, 1 vol. in-8., 1810, 5 fr.
- TRIGONOMETRIE RECTILIGNE ET SPHERIQUE; 3<sup>e</sup> édition, suivie des TABLES DES LOGARITHMES des nombres et des lignes trigonométriques de LALANDE, in-18, avec figures, 1818. 3 fr.
- Les Tables de Logarithmes de LALANDE seules, sans la Trigonométrie, se

- vendent séparément , 2 fr.
- **TRAITÉ D'APPLICATION DE L'ALGÈBRE A LA GÉOMÉTRIE ET DE TRIGONOMETRIE**, à l'usage des Elèves qui se destinent à l'Ecole Polytechnique, etc.; 2<sup>e</sup> édition, 1 vol. in-8., avec planches, *sous presse*.
- **COURS ÉLÉMENTAIRE DE MATHÉMATIQUES, DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE**, suivi de quelques notions d'Astronomie, à l'usage des élèves qui se destinent à subir les examens pour le Baccalauréat ès-lettres, 2<sup>e</sup> édition, considérablement augmentée, 2 vol. in-8. avec 21 planches, 1832, 12 fr. 50 c.
- Ce Cours est entièrement conforme au programme qui a été publié par ordre de l'Université, dans le Manuel pour le Baccalauréat ès-lettres.
- **ET DUHAMEL**. Problèmes et Développemens sur diverses parties des Mathématiques, in-8., 1823, avec 11 planches, 6 fr.
- **ARITHMÉTIQUE** à l'usage des Ingénieurs du Cadastre, in-8., 5 fr.
- **MANUEL** de l'Ingénieur du Cadastre; par MM. Pommies et Reynaud, in 4., 12 fr.
- 10<sup>e</sup>. **TRAITÉ DE TRIGONOMETRIE** de Lagrive, avec les Notes de Reynaud, in-8., 7 fr.
- **NOTES SUR L'ARITHMÉTIQUE**, 15<sup>e</sup> édit. in-8., 1832, 2 fr. 50 c.
- **SUR LA GÉOMÉTRIE**, in-8., 7<sup>e</sup> édit., 1828, 4 fr.
- **SUR L'ALGÈBRE** et Application de l'Algèbre à la Géométrie, in-8., 6<sup>me</sup> édit., 1823, 4 fr.
- **ET NICOLLET**. **COURS DE MATHÉMATIQUES**, à l'usage des Écoles de Marine et des Aspirans à ces Écoles; 3 vol. in-8.
- 1<sup>er</sup> vol. Arithmétique et Algèbre, par M. Reynaud, 5 fr.
- 2<sup>e</sup> vol. Géométrie et Trigonométrie, par M. Nicollet, 7 fr.
- 3<sup>e</sup> vol. Statique et Équilibre des Machines, *sous presse*.
- **THEOREMES ET PROBLÈMES DE GÉOMÉTRIE**, suivis de la théorie des Plans et des préliminaires de la Géométrie descriptive, comprenant la partie exigée pour l'admission à l'Ecole Polytechnique, in-8., 1833, avec 20 pl., 5 fr.
- GARNIER**. **TRAITÉ D'ARITHMÉTIQUE**, 2<sup>e</sup> édit., in-8., 1808, 2 fr. 50 c.
- **ÉLEMENS D'ALGÈBRE**, à l'usage des Aspirans à l'Ecole Polytechnique; 3<sup>e</sup> édit., in-8., 1811, revue, corrigée et augmentée, 6 fr.
- Suite de ces Éléments, 2<sup>e</sup> partie, **ANALYSE ALGÈBRE**, nouv. édit., considérablement augmentée, in-8., 1814, 7 fr.
- **GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE**, ou Application de l'Algèbre à la Géométrie; seconde édition, revue et augmentée, 1 vol. in-8., avec 14 planches, 1813, 6 fr.
- **LES RECIPROQUES** de la Géométrie, suivies d'un Recueil de Problèmes et de Théorèmes, et de la construction des Tables trigonométriques, in-8., 2<sup>e</sup> édit., considérablement augmentée, 1810.
- **ÉLEMENS DE GÉOMÉTRIE**, contenant les deux Trigonométries, les Éléments de la Polygonométrie et du levé des Plans, et l'Introduction à la Géométrie descriptive; 1 vol. in-8., avec planches, 1812, 5 fr.
- **LEÇONS DE STATIQUE**, à l'usage des Aspirans à l'Ecole Polytechnique; 1 vol. in-8., avec 12 planches, 1811, 5 fr.
- **LEÇONS DE CALCUL DIFFÉRENTIEL**, 3<sup>e</sup> édition, 1 vol. in-8., avec 4 pl., 1811, 7 fr.
- **LEÇONS DE CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL**, 2 vol. in-8., avec 4 planches, 1811 et 1812, 14 fr.
- **TRISECTION DE L'ANGLE**, suivie de Recherches analytiques sur le même sujet, in-8., 1809, 2 fr. 50 c.
- **DISCUSSION DES RACINES** des Équations déterminées du premier degré à plusieurs inconnues, et élimination entre deux équations de degrés quelconques à deux inconnues; 2<sup>e</sup> édit., 1 vol. in-8., 1 fr. 80 c.
- FRANÇOEUR**, Professeur de la Faculté des Sciences de Paris, ex-Examinateur des Candidats de l'Ecole Polytechnique, etc. **COURS COMPLET DE MATHÉMATIQUES PURES**, dédié à S. M. Alexandre 1<sup>er</sup>, Empereur de Russie; Ouvrage destiné aux Elèves des Écoles Normale et Polytechnique, et aux Candidats qui se préparent à y être admis, etc.; 3<sup>e</sup> édition, revue et augmentée, 2 vol. in-8., avec figures, 1828, 15 fr.
- **URANOGRAPHIE** ou **TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE D'ASTRONOMIE**, à l'usage des personnes peu versées dans les Mathématiques, accompagné de planisphères, etc.; 4<sup>e</sup> édit.; consid. augm., 1 vol. in-8., avec pl., 1828, 9 l. 50 c.

- **TRAITÉ DE MÉCANIQUE ÉLÉMENTAIRE**, 5<sup>e</sup> édit., 1825, 7 fr. 50 c.  
 — **TRAITÉ DE STATIQUE**, in-8, 3 fr.  
 — **ASTRONOMIE PRATIQUE**, 1 vol. in-8., 1830, 5 fr. 50 c.  
**LACAILLE. LEÇONS ÉLÉMENTAIRES DE MATHÉMATIQUES**, augmentées par *Marie*, avec des Notes par M. Labey, Professeur de Mathématiques, et Examinateur des Candidats pour l'École Polytechnique; Ouvrage adopté par l'Université, pour l'enseignement dans les Lycées, etc., in-8., fig., 1811, 7 fr.  
**CLAIRAUT. ÉLÉMENTS DE GÉOMÉTRIE** à l'usage des écoles primaires, nouvelle édition, 1830; in-8., 4 fr.  
 — **ÉLÉMENTS D'ALGÈBRE**, 6<sup>e</sup> édit., avec des Notes et des Additions très étendues, par M. Garnier; précédé d'un Traité d'Aritmétique par Thévenau, et une Instruction sur les nouveaux poids et mesures, 2 vol. in-8., 1801, 10 fr.  
**SUZANNE, Docteur ès-Sciences, Professeur de Mathématiques au Lycée Charlemagne**, à Paris. **DE LA MANIÈRE D'Étudier LES MATHÉMATIQUES**; Ouvrage destiné à servir de guide aux jeunes gens, à ceux surtout qui veulent approfondir cette Science, ou qui aspirent à être admis à l'École Normale ou à l'École Polytechnique; 3 gros vol. in-8., avec figures.  
 Chaque partie se vend séparément, savoir :  
 — Première partie, **PRÉCEPTES GÉNÉRAUX et ARITHMÉTIQUE**; seconde édition, considérablement augmentée, in-8., 6 fr.  
 — Seconde partie, **ALGÈBRE**, épuisée.  
 — Troisième partie, **GÉOMÉTRIE**, in-8., 6 fr. 50 c.  
**BOUCHARLAT, Professeur de Mathématiques transcendantes aux Écoles militaires, Docteur ès-Sciences, etc.** **ÉLÉMENTS DE CALCUL DIFFÉRENTIEL et de Calcul intégral**, 4<sup>e</sup> édit., revue et augm., in-8., avec pl., 1830, 8 fr.  
 — **THÉORIE DES COURBES et des Surfaces du second ordre**, précédée des principes fondamentaux de la Géométrie analytique, 2<sup>e</sup> édit., in-8., 6 fr.  
 — **ÉLÉMENTS DE MÉCANIQUE**, in-8., 2<sup>e</sup> édition, revue et considérablement augmentée, avec planches, 1827, 7 fr.  
**DE LAMBRE, Membre de l'Institut.** **ABRÉGÉ D'ASTRONOMIE**, ou **LEÇONS ÉLÉMENTAIRES d'Astronomie théorique et pratique** données au Collège de France, 1 vol. in-8., 2<sup>e</sup> édit., revue, corrigée et augmentée, par M. Mathieu, Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, sous presse.
- 
- BERTHOUD. ART DE CONDUIRE ET RÉGLER LES PENDULES ET LES MONTRES**, 5<sup>e</sup> et jolie édit., in-18, avec 5 pl., 2 fr. 50 c.  
**BRIANCHON, Capitaine d'artillerie.** **APPLICATION DE LA THÉORIE DES TRANSVERSALES.** Cour d'opérations géométriques sur le terrain, etc., 1818, in-8., 2 fr.  
 — **MÉMOIRE sur les lignes du second ordre**, 1817, in-8., 2 fr.  
**CONDORCET. MOYENS D'APPRENDRE À COMPTER avec facilité**; 2<sup>e</sup> édit., in-12, 1 fr. 25 c.  
**COURS DE MATHÉMATIQUES**, avec des Notes et des Additions par **PEYRARD.** **GÉOMÉTRIE**, 7<sup>e</sup> édit., revue corrigée et augmentée, 1832, in-8., 7 fr.  
**COUSIN. TRAITÉ DU CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL**, 2 vol. in-4., 6 pl., 21 fr.  
 — **TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE L'ANALYSE MATHÉMATIQUE** ou **D'ALGÈBRE**, in-8., 4 fr.  
**D'ABREU. PRINCIPES MATHÉMATIQUES** de feu Joseph-Anastase da Cunha, Professeur à l'Université de Coimbra (comprenant ceux de l'Arithmétique, de la Géométrie, de l'Algèbre, de son Application à la Géométrie, et du Calcul différentiel et intégral, traités d'une manière entièrement nouvelle), traduit littéralement du Portugais, in-8., 1816, 6 fr.  
**DANGER. ART DU SOUFFLEUR À LA LAMPE**, ou **Moyen facile de faire soi-même**, à très peu de frais, tous les instrumens de Physique et de Chimie, tels que thermomètres, baromètres, pèse-liquens, siphons, etc., au moyen d'un appareil qui remplace avec avantage la table d'essai, et offre au moins les cinq sixièmes de diminution de prix; in-12, 1820, avec pl., 2 fr. 50 c.  
**DEAL. NOUVEAUX PRINCIPES DE LA PHILOSOPHIE NATURELLE**, déduits d'observations et d'expériences de Physique très faciles à renouveler, et appliqués à la Physiologie universelle, au Magnétisme et à l'Électricité; à la

- théorie de la Lumière et des couleurs, ainsi qu'à la théorie de l'Audition; en servant à démontrer qu'il ne peut pas se point y avoir de mouvement spontané dans la Nature, in-8., 1833, 7 fr.
- DEPRASSE, Professeur de Mathématiques à Berlin. TABLES LOGARITHMIQUES pour les nombres, les sinus et les tangentes, disposés dans un nouvel ordre, corrigées et précédées d'une Introduction, traduites de l'allemand et accompagnées de notes et d'un avertissement, par Halma, 1824, in-18, 1 fr.
- DIDIEZ. COURS COMPLET DE GEOMETRIE, divisé en quatre parties, formant 4 vol. in-8., 6 fr.
- 1<sup>re</sup> partie. Géométrie plane, section élémentaire, in-8., 6 fr.
- DUBOURGUET. TRAITEES ELEMENTAIRES DE CALCUL DIFFERENTIEL ET DE CALCUL INTEGRAL, 2 vol. in-8., 1810 et 1811, 16 fr.
- DUPIN (baron Charles). GEOMETRIE ET MECANIQUE DES ARTS ET METIERS ET DES BEAUX-ARTS, COURS NORMAL à l'usage des ouvriers et des artistes, des sous-chefs et des chefs d'ateliers et de manufactures; 3 vol. in-8., 1826, 15 fr.
- Les volumes se vendent séparément.
- 1<sup>er</sup> volume. GEOMETRIE, ou des Formes nécessaires à l'Industrie, 6 fr.
- 2<sup>me</sup> volume. MACHINES ELEMENTAIRES nécessaires à l'Industrie, 6 fr.
- 3<sup>me</sup> volume. FORCES MOTRICES nécessaires à l'Industrie, 6 fr.
- Cinq Leçon se vend séparément, 40 c.
- JOURNAL DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, par MM. Lagrange, Laplace, Monge, Prony, Fourcroy, Berthollet, Vauquelin, Lacroix, Hachette, Poisson, Sarrasin, Guyton-Morveau, Barruel, Legendre, Haüy, Malus, Ampère, Biney, 20 cahiers en 21 vol. in-4<sup>o</sup>, avec des planches, 115 fr.
- Chaque cahier se vend séparément,
- savoir : cahier 1 à 6, 5 fr.
- 7 et 8, 5 fr.
- 9 (Théorie des Fonctions, deuxième édit., par Lagrange), 15 fr.
- 10 à 16, 5 fr.
- 17, 7 fr. 50 c.
- 18, 6 fr. 50 c.
- 19, 7 fr. 50 c.
- 20 1831, 4 fr.
- 21 1832, 6 fr. 50 c.
- EXPOSITION TRÈS ABRÉGÉE DE L'ART DE LA GUERRE, ou Cours élémentaire d'application à plusieurs parties de l'art de la guerre, des connaissances enseignées aux élèves de l'École Polytechn., in-12, avec épreuves in-8<sup>o</sup>, 9 fr.
- ÉPURES À L'USAGE DE L'ÉCOLE ROYALE POLYTECHNIQUE, contenant 102 planches gravées in-fol. (sans texte), sur la Géométrie descriptive, la Charpente, la coupe des pierres, la Perspective et les Ombres. Prix en feuilles, 19 fr.
- COLLECTION D'ÉPURES D'ARCHITECTURE, 15 feuilles in-fol., 6 fr.
- COLLECTION D'ÉPURES DE TOPOGRAPHIE À LUMIÈRE OBLIQUE, (ancien système), 15 feuilles in-fol., sans texte, 6 fr. 50 c.
- — — DE TOPOGRAPHIE À LUMIÈRE DIRECTE (nouveau système), 15 feuilles in-fol., sans texte, 6 fr. 50 c.
- — — RELATIVES À LA FORTIFICATION DES PLACES ET DE CAMPAGNE, 56 feuilles in-fol., sans texte, 15 fr.
- — — Épreuves de machines, 4 fr.
- EULER. ÉLÉMENTS D'ALGÈBRE, nouvelle édition, 1807, 2 vol. in-8., 12 fr.
- La première partie contient l'Analyse déterminée, revue et augmentée de Notes par Garnier. La deuxième partie contient l'Analyse indéterminée, revue et augmentée de Notes par M. Lagrange, Sénateur, Membre de l'Institut, etc.
- GASCHEAU. Géométrie descriptive, Traité des Surfaces réglées, in-8., 2 fr. 50 c.
- GIAMBONI. ÉLÉMENTS D'ALGÈBRE, D'ARITHMÉTIQUE ET DE GÉOMÉTRIE, ou l'Arithmétique et la Géométrie se déduisant des premières notions de l'Algèbre, etc., traduit de l'Italien par Roux, de Genève, 2 vol. in-8., 9 fr.
- HACHETTE, ex-Professeur à l'École Polytechnique. PROGRAMMES D'UN COURS DE PHYSIQUE, ou Précis des leçons sur les principaux phénomènes de la nature, et sur quelques applications des Mathématiques à la Physique, in-8., 1809, 5 fr. 50 c.

- JUVIGNY.** MOYEN DE SUPPLÉER PAR L'ARITHMÉTIQUE A L'EMPLOI DE L'ALGÈBRE dans les questions d'intérêts composés, d'annuités, d'amortissemens, etc., terminé par une application spéciale du même procédé à l'extinction de la dette publique, in-8., 1825, 2 fr.
- LAGRANGE.** Membre de l'Institut. LEÇONS SUR LE CALCUL DES FONCTIONS, nouvelle édition, in-8., 7 fr.
- TRAITE DE LA RESOLUTION DES EQUATIONS NUMERIQUES de tous les degrés, avec des Notes sur plusieurs points de la Théorie des Equations algébriques, 3<sup>e</sup> édition, in-4., 1826, 15 frs
- THÉORIE DES FONCTIONS ANALYTIQUES. in-4., 15 fr.
- TRAITE DE MÉCANIQUE ANALYTIQUE, 2<sup>e</sup> édit., 2 vol. in-4., 36 fr.
- LAPLACE** (M. le marquis de), Membre de l'Institut. EXPOSITION DU SYSTEME DU MONDE, 5<sup>e</sup> édition, 1824, in-4., avec portrait, 15 fr.
- Le même, 2 vol. in-8., 1824.
- ESSAI PHILOSOPHIQUE SUR LES PROBABILITÉS.** in-8., 5<sup>e</sup> édit., 1825, 4f.
- LAME,** Élève Ingénieur au Corps royal des Mines. Examen des différentes méthodes employées pour résoudre les PROBLÈMES DE GEOMETRIE; 1 vol. in-8., avec planche, 1818, 2 fr. 50 c.
- LEFÈVRE,** Géomètre en chef du Cadastre. NOUVEAU TRAITÉ DE L'ARPENTAGE, à l'usage des personnes qui se destinent à l'état d'arpenteur, au levé des plans et aux opérations du nivellement, 4<sup>e</sup> édit., entièrement refondue et augmentée d'un Traité de Géodésie pratique, ouvrage contenant tout ce qui est relatif à l'arpentage, l'aménagement des bois et la division des propriétés; ce qu'il faut connaître pour les grandes opérations géodésiques et le nivellement, 2 vol. in-8. avec 28 planches nouvellement gravées, 1826, 16 fr.
- MANUEL DU TRIGONOMETRE, servant de Guide aux jeunes ingénieurs qui se destinent aux opérations géodésiques, suivis de diverses solutions de Géométrie pratique, de quelques Notes et de plusieurs Tableaux, 1 vol. in-8., avec planches, 1819, 3 fr.
- APPLICATION DE LA GÉOMÉTRIE à la mesure des lignes inaccessibles et des surfaces planes, etc., ou Longiplanimétrie pratique, in-8., 5 fig., 1827, 5 fr.
- LEFRANÇOIS.** ESSAIS DE GEOMETRIE ANALYTIQUE, 2<sup>e</sup> édition, revue et augmentée, 1 vol. in-8., 1804, 2 fr. 50. c.
- LHUILIER.** ÉLÉMENS D'ALGÈBRE, 2 vol. in-8., 12 fr.
- ÉLÉMENS D'ANALYSE GEOMETRIQUE et d'Analyse algébrique, appliqués à la recherche des lieux géométriques, in-4., 1809, 15 fr.
- LIBES,** Professeur de Physique au Lycée Charlemagne à Paris, etc. HISTOIRE PHILOSOPHIQUE DES PROGRES DE LA PHYSIQUE, 4 vol. in-8., 1811 et 1814, 20 fr.
- Le quatrième volume se vend séparément, 5 fr.
- TRAITÉ COMPLET ET ÉLÉMENTAIRE DE PHYSIQUE, présenté dans un ordre nouveau, d'après les découvertes modernes; 2<sup>e</sup> édit., revue, corrigée et considérablement augmentée, 3 vol. in-8., avec fig., 1813, 18 fr.
- LÜBBE** (S.-F.), Professeur à l'Université de Berlin. TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CALCUL DIFFÉRENTIEL ET DE CALCUL INTÉGRAL, traduit de l'allemand par M. Kartacher, in-8., 1832, 7 fr.
- MASCHERONI.** PROBLÈMES DE GÉOMÉTRIE, résolus de différentes manières, traduit de l'italien, vol. in-8., 1803, 3 fr.
- GÉOMÉTRIE DU COMPAS, traduit de l'italien par M. CARETTE, Officier supérieur du Génie, in-8., 2<sup>e</sup> édit., augmentée d'une Notice biographique sur l'auteur, 1828, belle édition, 6 fr.
- MAUDUIT,** Professeur de Mathématiques au Collège de France à Paris. LEÇONS ÉLÉMENTAIRES D'ARITHMÉTIQUE, ou Principes d'Analyse numérique, in-8., nouvelle édition, 1804, 5 fr.
- LEÇONS DE GEOMETRIE THÉORIQUE ET PRATIQUE, nouv. éd., revue, corrigée et augmentée, 2 vol. in-8., 1817, avec 17 pl., 10 fr.
- MOLLET,** ex-Doyen de la Faculté des Sciences de Lyon, etc. GNOMONIQUE GRAPHIQUE, ou Méthode simple et facile pour tracer les Cadres solaires sur toutes sortes de plans et sur les surfaces de la sphère, et du cylindre droit, sans aucun calcul, et en ne faisant usage que de la règle et du compas, 3<sup>e</sup> édition, suivie de la Gnomonique analytique, etc., 1 vol. in-8., avec pl., 1823, 7 fr.



**MONTUCLA. HISTOIRE DES RECHERCHES** sur la quadrature du Cercle, nouv. édit. donnée par M. S.-L. (Lauroix), de l'Inst., 1830, in-8., pap. fin sat., 6 fr.  
**MOULTSON. ARITHMETIQUE DES CAMPAGNES** à l'usage des écoles primaires, ouvrage adopté par le conseil royal de l'Université, in-12., 1 fr.  
**PONCRLLET**, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique, Capitaine au Corps royal du Génie. **TRAITE DES PROPRIETES PROJECTIVES DES FIGURES**, ouvrage utile à ceux qui s'occupent des applications de la Géométrie descriptive, et d'opérations géométriques sur le terrain, in-4., 1822., 16 fr.  
**OTTIN. CATALOGUE DES COLLECTIONS DE FIGURES** ou **POLYEDRES EN RELIEF** (en terre cuite) **APPLIQUEES A DIFFERENS SUJETS DE LA NATURE ET DES ARTS.**

**Prix des 12 Collections composées de 226 figures ou 490 pièces, 122 fr. 50 c.**  
*Chaque Collection se vend séparément.*

1<sup>re</sup> **Collier.** (Introduction des plans et de leurs propriétés, 20 fig., 37 pièces, 10 fr. 50 c.  
 2<sup>de</sup> **Fondemens des projections** (Géométrie descriptive), 18 fig., 56 pièces, 14 fr.  
 3<sup>de</sup> **Fondemens de la perspective linéaire**, 10 fig., 45 pièces, 11 fr. 25 c.  
 4<sup>de</sup> **Théorie des ombres et des reflets**, 13 fig., 43 pièces, 10 fr. 75 c.  
 5<sup>de</sup> **Perspective aérienne** (problèmes des teintes), 8 fig., 26 pièces, 6 fr. 50 c.  
 6<sup>de</sup> (Géométrie), **des prismes**, 45 fig., 81 pièces, 20 fr. 25 c.  
 7<sup>de</sup> **Des pyramides**, 26 fig., 34 pièces, 8 fr. 50 c.  
 8<sup>de</sup> **Des autres polyèdres essentiels à connaître et qui ne sont ni des prismes, ni des pyramides**, 30 fig., 58 pièces, 14 fr. 50 c.  
 9<sup>de</sup> **Des trois corps ronds**, 24 fig., 24 pièces, 6 fr.  
 10<sup>de</sup> **Des polyèdres inscrits et circonscrits à la sphère**, 12 fig., 48 pièces, 17 fr.  
 11<sup>de</sup> **Exemples de quelques transformations ou décompos. de polyèdres**, 10 fig., 30 pièces, 5 fr.  
 12<sup>de</sup> **Exemples de quelques intersections ou pénétrations de polyèdres**, 8 fig., 13 pièces, 3 fr. 25 c.

**PONTECOULANT**, (DE), ancien Elève de l'Ecole Polytechnique, Capitaine au corps royal d'Etat-Major. **THEORIE ANALYTIQUE DU SYSTEME DU MONDE**, 2 vol. in-8., 1826., 18 fr.

Depuis long-temps les Sciences Mathématiques réclamaient un ouvrage qui mit à la portée d'un plus grand nombre de lecteurs l'exposition des belles découvertes faites depuis Newton, dans la Mécanique céleste. C'est à ce besoin, généralement senti, que l'auteur a voulu satisfaire. Il considère d'une manière nouvelle les trois grands problèmes du Système du monde, les mouvemens des corps célestes autour du soleil, leurs mouvemens autour de leur centre de gravité, et leur figure. La théorie des comètes a fixé d'une manière spéciale son attention; il donne, pour la détermination de leurs orbites, d'après trois observations, une méthode aussi simple et aussi exacte que celles connues jusqu'ici; il s'occupe ensuite de leurs perturbations, et après avoir développé les formules qui les déterminent, il en fait l'application aux trois comètes dont le retour périodique est maintenant constaté.

**POULLET-DELISLE**, Professeur de Mathématiques. **APPLICATION DE L'ALGEBRE A LA GEOMETRIE**, in-8., 1806., 5 fr.

**PUISSANT**, Membre de l'Institut. **RECUEIL DE DIVERSES PROPOSITIONS DE GEOMETRIE** résolues ou démontrées par l'Analyse; 3<sup>e</sup> éd., augmentée d'un précis sur le **LEVÉE DES PLANS**, in-8., 1827., 7 fr.

**RIVARD. TRAITE DE LA SPHERE ET DU CALENDRIER**; 2<sup>e</sup> édit. (faite sur la 1<sup>re</sup> donnée par M. Lalande), revue et augmentée de notes et additions, par M. Puissant; 1 vol. in-8., avec 3 pl. bien gravées, 1816., 4 fr.

**SIMONIN. TRAITE D'ARITHMETIQUE DECIMALE**, in-8., 2 fr. 50 c.

**SERVOIS**, Professeur aux Ecoles d'Artillerie. **Essai sur un nouveau mode d'exposition des PRINCIPES DE CALCUL DIFFERENTIEL**, in-4., 2 fr. 50 c.

— **SOLUTIONS PEU CONNUES** de différens problèmes de Géométrie pratique, in-8., 2 fr. 50 c.

**SOULAS. LA LEVÉE DES PLANS ET L'ARPENTAGE RENDUS FACILES**, précédés de notions élémentaires de Trigonométrie rectiligne à l'usage des employés au Cadastre de la France, deuxième édition, revue et corrigée, 1 vol. in-8., 1820., avec 8 planches, 3 fr.

**STAINVILLE**, Répétiteur à l'Ecole Polytechnique. **MELANGES D'ANALYSE ALGEBRIQUE ET DE GEOMETRIE**, 1 vol. in-8., avec planches, 1815., 5 fr. 50 c.

**TREUIL**, Professeur à l'Ecole militaire de Saint Cyr. **ESSAI DE MATHEMATIQUES**, contenant quelques détails sur l'Arithmétique, l'Algèbre, la Géométrie et la Statique, in-8., 1819., 2 fr.

Imprimerie de BACHELIER, rue du Jardinet-Saint-Amand-des-Arcs, n° 12.







